

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JC498 U.S. PTO
09/588292
06/07/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1 9 9 9 年 6 月 1 0 日

願 番 号

Application Number:

平成 1 1 年 特 許 願 第 1 6 4 4 4 8 号

願 人

Applicant(s):

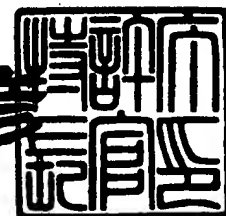
ソニー株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 0 年 4 月 1 4 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 0 - 3 0 2 6 1 8 6

【書類名】 特許願

【整理番号】 9900524101

【提出日】 平成11年 6月10日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01B 11/00
H01L 21/66

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 江口 直哉

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代表者】 出井 伸之

【代理人】

【識別番号】 100067736

【弁理士】

【氏名又は名称】 小池 晃

【選任した代理人】

【識別番号】 100086335

【弁理士】

【氏名又は名称】 田村 榮一

【選任した代理人】

【識別番号】 100096677

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊賀 誠司

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019530

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9707387

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 検査装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被検査物を支持するとともに当該被検査物を所定の検査対象位置へと移動させる被検査物支持手段と、

上記被検査物支持手段によって支持された被検査物を紫外光により照明する紫外光照明手段と、

上記紫外光照明手段により照明された被検査物からの反射光又は透過光を検出して被検査物の画像を撮像する紫外光撮像手段と、

上記紫外光撮像手段により撮像された画像を処理する画像処理手段とを備え、

上記紫外光撮像手段により撮像された画像を、上記画像処理手段により処理し解析することで、被検査物を検査すること

を特徴とする検査装置。

【請求項 2】 上記被検査物支持手段によって支持された被検査物を可視光により照明する可視光照明手段と、

上記可視光照明手段により照明された被検査物からの反射光又は透過光を検出して被検査物の画像を撮像する可視光撮像手段とを備え、

上記可視光撮像手段により撮像された画像を、上記画像処理手段により処理して解析することで、低分解能にて被検査物の検査を行うとともに、

上記紫外光撮像手段により撮像された画像を、上記画像処理手段により処理して解析することで、高分解能にて被検査物の検査を行うこと

を特徴とする請求項 1 記載の検査装置。

【請求項 3】 上記可視光撮像手段により撮像された画像を上記画像処理手段により処理して解析することで、低周波成分の検査を行うとともに、上記紫外光撮像手段により撮像された画像を上記画像処理手段により処理して解析することで、高周波成分の検査を行い、検査対象の空間周波数の帯域を分割して検査を行うこと

を特徴とする請求項 2 記載の検査装置。

【請求項4】 上記可視光照明手段は、光源としてランプ光源を備え、ランプ光源からのインコヒーレント光によって被検査物を照明し、

上記紫外光照明手段は、光源としてレーザ光源を備え、レーザ光源からのコヒーレント光によって被検査物を照明すること

を特徴とする請求項2記載の検査装置。

【請求項5】 上記紫外光撮像手段により被検査物の異なる領域の画像を撮像し、それらの画像を上記画像処理手段により比較することで被検査物を検査すること

を特徴とする請求項1記載の検査装置。

【請求項6】 所定の容器に入れられて搬送された被検査物を容器から取り出して上記被検査物支持手段上に設置する被検査物設置手段と、

防塵機能を有し内部環境をクリーンに保つクリーンユニットとを備え、

少なくとも上記被検査物支持手段及び上記被検査物設置手段が上記クリーンユニットの内部に配されていること

を特徴とする請求項1記載の検査装置。

【請求項7】 上記紫外光照射手段は、光源として紫外光レーザ光源を備え、当該紫外光レーザ光源から出射された紫外光レーザにより被検査物を照明すること

を特徴とする請求項1記載の検査装置。

【請求項8】 上記紫外光レーザ光源は、波長が355nm以下の紫外光レーザを出射すること

を特徴とする請求項7記載の検査装置。

【請求項9】 上記紫外光レーザ光源は、固体レーザからなること

を特徴とする請求項7記載の検査装置。

【請求項10】 上記被検査物は、所定のデバイスパターンが形成されてなる半導体ウェハであること

を特徴とする請求項1記載の検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、所定のデバイスパターンが形成されてなる半導体ウェハ等の検査に用いられる検査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体デバイスは、半導体ウェハ上に微細なデバイスパターンを形成することにより作製される。このようなデバイスパターンを形成するときに、半導体ウェハ上に塵埃等が付着したり、傷が付いたりして、欠陥が生じることがある。このような欠陥が生じた半導体デバイスは、不良デバイスとなり、歩留まりを低下させる。

【0003】

したがって、製造ラインの歩留まりを高い水準で安定させるためには、塵埃や傷等によって発生する欠陥を早期に発見し、その原因を突き止め、製造設備や製造プロセスに対して有効な対策を講じることが好ましい。

【0004】

そこで、欠陥が発見された場合には、検査装置を用いて、その欠陥が何であるかを調べて分類分けを行い、その欠陥の原因となった設備やプロセスを特定するようにしている。ここで、欠陥が何であるかを調べる検査装置は、いわば光学顕微鏡のようなものであり、欠陥を拡大して見ることで、その欠陥が何であるかを識別するようにしている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

デバイスパターンは、半導体デバイスの高集積化に伴って、ますます微細化しており、近年では線幅が $0.18\mu\text{m}$ 以下にまでなっている。そのため、欠陥のサイズも非常に微細なものとなっており、従来の検査装置では、欠陥が何であるかを調べて分類分けを行うことが困難になってきている。

【0006】

本発明は、以上のような従来の実情を鑑みて考案されたものであり、より微細なデバイスパターンの検査を行うことが可能な検査装置を提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る検査装置は、被検査物を支持するとともに当該被検査物を所定の検査対象位置へと移動させる被検査物支持手段と、上記被検査物支持手段によって支持された被検査物を紫外光により照明する紫外光照明手段と、上記紫外光照明手段により照明された被検査物からの反射光又は透過光を検出して被検査物の画像を撮像する紫外光撮像手段と、上記紫外光撮像手段により撮像された画像を処理する画像処理手段とを備え、上記紫外光撮像手段により撮像された画像を、上記画像処理手段により処理し解析することで、被検査物を検査することを特徴とする。

【0008】

以上のような本発明に係る検査装置では、非常に短波長の光である紫外光により被検査物の画像を撮像して検査するので、可視光を用いて検査を行うような場合に比べて、より微細なデバイスパターンの検査を行うことができる。

【0009】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0010】

本発明を適用した検査装置の外観を図1に示す。この検査装置1は、所定のデバイスパターンが形成されてなる半導体ウェハの検査を行うためのものであり、所定のデバイスパターンが形成されてなる半導体ウェハに欠陥が発見された場合に、その欠陥が何であるかを調べて分類分けを行う。

【0011】

図1に示すように、この検査装置1は、防塵機能を有し内部環境をクリーンに保つクリーンユニット2を備える。クリーンユニット2は、塵埃等を除去したク

リーンな空気を供給するクリーンエアーユニット 3 を上部に備えており、当該クリーンエアーユニット 3 から、塵埃等を除去したクリーンな空気を供給することにより、内部環境のクリーン度をクラス 1 程度に保つ。

【0012】

そして、この検査装置 1 では、クリーンユニット 2 の中で、所定のデバイスパターンが形成された半導体ウェハの検査を行う。ここで、被検査物となる半導体ウェハは、所定の密閉式の容器 4 に入れて搬送され、当該容器 4 を介して、クリーンユニット 2 の中に移送される。すなわち、半導体ウェハの検査を行う際は、図 1 中に鎖線で示すように、半導体ウェハが入れられた容器 4 をクリーンユニット 2 に取り付け、半導体ウェハを外気に晒すことなく、後述する搬送用ロボット等により半導体ウェハを容器 4 から取り出して、クリーンユニット 2 の内部に配された検査用ステージ上に設置する。

【0013】

このように、クリーンユニット 2 の内部で半導体ウェハの検査を行うようにすることで、検査時に半導体ウェハに塵埃等が付着するのを防止することができる。しかも、被検査物となる半導体ウェハを密閉式の容器 4 に入れて搬送し、当該容器 4 を介して半導体ウェハをクリーンユニット 2 の中に移送するようにした場合には、クリーンユニット 2 と容器 4 の内部だけを十分なクリーン度に保っておけば、検査装置 1 が設置される環境全体のクリーン度を高めなくても、半導体ウェハへの塵埃等の付着を防止することができる。

【0014】

このように必要な場所のクリーン度だけを局所的に高めるようにすることで、高いクリーン度を実現しつつ、且つ、クリーン環境を実現するためのコストを大幅に抑えることができる。なお、密閉式の容器 4 とクリーンユニット 2 との機械的なインターフェースとしては、いわゆる S M I F (standard mechanical interface) が好適であり、その場合、密閉式の容器 4 には、いわゆる S M I F - P O D を使用する。

【0015】

また、この検査装置 1 では、クリーンユニット 2 の外部に、検査装置 1 を操作

するためのコンピュータ等が配される外部ユニット 5 を備える。この外部ユニット 5 には、半導体ウェハを撮像した画像等を表示するための表示装置 6 や、検査時の各種条件等を表示するための表示装置 7 や、検査装置 1 への指示入力等を行うための入力装置 8 など配されている。そして、半導体ウェハの検査を行う検査者は、外部ユニット 5 に配された表示装置 6, 7 を見ながら、外部ユニット 5 に配された入力装置 8 から必要な指示を入力して半導体ウェハの検査を行う。

【0016】

つぎに、上記検査装置 1 のクリーンユニット 2 の内部について、図 2 及び図 3 を参照して説明する。なお、図 2 はクリーンユニット 2 の内部を図 1 の矢印 A 1 方向から見た正面図であり、図 3 はクリーンユニット 2 の内部を図 1 の矢印 A 2 方向から見た平面図である。

【0017】

図 2 に示すように、クリーンユニット 2 の内部には、支持台 9 と、支持台 9 の上に設置された除振台 10 と、除振台 10 の上に設置された検査用ステージ 11 と、除振台 10 の上に設置された光学ユニット 12 とが配されている。

【0018】

支持台 9 は、クリーンユニット 12 の内部に配される各機器を支持するための台である。支持台 9 並びに外部ユニット 5 の底部には、タイヤ 13 が取り付けられており、検査装置 1 を容易に移動させることが可能となっている。なお、検査装置 1 を固定する際は、図 2 に示すように、固定用脚部を床に着けて、タイヤ 13 は浮かせておく。

【0019】

除振台 10 は、床からの振動や、検査用ステージ 11 を移動操作した場合に発生する振動などを抑制するためのものである。この検査装置 1 では、微細なデバイスパターンが形成された半導体ウェハの検査を行うため、少しの振動でも検査の障害となる。そこで、この検査装置 1 では、除振台 10 を用いて、振動を抑制するようにしている。

【0020】

なお、この検査装置 1 に用いる除振台としては、いわゆるアクティブ除振台が

好適である。アクティブ除振台は、振動を検知して、その振動を打ち消す方向に動作することで、振動を速やかに取り除くようになされた除振台であり、除振効果に優れている。

【0021】

この検査装置 1 では、紫外光を用いて高分解能での検査を行うため、振動の影響が大きく現れやすいが、除振効果に優れたアクティブ除振台を検査装置 1 の除振台 10 として用いることで、振動の影響を抑えて、紫外光を用いて高分解能での検査を行う際の検査能力を向上することができる。

【0022】

この除振台 10 の上には、検査用ステージ 11 が配されている。この検査用ステージ 11 は、被検査物となる半導体ウェハを支持するためのステージである。この検査用ステージ 11 は、被検査物となる半導体ウェハを支持するとともに、当該半導体ウェハを所定の検査対象位置へと移動させる機能も備えている。

【0023】

具体的には、検査用ステージ 11 は、除振台 10 の上に設置された X ステージ 14 と、X ステージ 14 の上に設置された Y ステージ 15 と、Y ステージ 15 の上に設置された θ ステージ 16 と、 θ ステージ 16 の上に設置された Z ステージ 17 と、Z ステージ 17 の上に設置された吸着プレート 18 とを備える。

【0024】

X ステージ 14 及び Y ステージ 15 は、水平方向に移動するステージであり、X ステージ 14 と Y ステージ 15 とで、互いに直交する方向に移動するようになされている。半導体ウェハの検査時には、X ステージ 14 及び Y ステージ 15 により、半導体ウェハを検査対象位置へと移動させる。

【0025】

θ ステージ 16 は、いわゆる回転ステージであり、半導体ウェハを回転させるためのものである。半導体ウェハの検査時には、 θ ステージ 16 により、例えば、半導体ウェハ上のデバイスパターンが画面に対して水平又は垂直となるように、半導体ウェハを回転させる。

【0026】

Zステージ17は、鉛直方向に移動するステージであり、ステージの高さを調整するためのものである。半導体ウェハの検査時には、Zステージ17により、半導体ウェハの検査面が適切な高さとなるように、ステージの高さを調整する。

【0027】

吸着プレート18は、検査対象の半導体ウェハを吸着して固定するためのものである。半導体ウェハの検査時に、検査対象の半導体ウェハは、この吸着プレート18の上に設置される。そして、当該半導体ウェハは動かないように吸着プレート18により吸着される。

【0028】

また、除振台10の上には、検査用ステージ11の上に位置するように支持部材19によって支持された光学ユニット12が配されている。この光学ユニット12は、半導体ウェハの検査時に、半導体ウェハの画像を撮像するためのものである。そして、この光学ユニット12は、検査対象の半導体ウェハの画像の撮像を可視光を用いて低分解能にて行う機能と、検査対象の半導体ウェハの画像の撮像を紫外光を用いて高分解能にて行う機能とを兼ね備えている。

【0029】

また、クリーンユニット2の内部には、図2及び図3に示すように、支持台9の上に設置されたエレベータ20が配されているとともに、図3に示すように、支持台9の上に設置された搬送用ロボット21と、支持台9の上に設置されたアライナ22とが配されている。

【0030】

エレベータ20、搬送用ロボット21及びアライナ22は、SMIF-PODのような密閉式の容器4に入れられて搬送されてきた半導体ウェハを、当該容器4の中から取り出して、検査用ステージ11の上に設置するためのものである。

【0031】

すなわち、半導体ウェハの検査を行う際は、先ず、半導体ウェハを密閉式の容器4に入れて搬送し、当該容器4を図1中に鎖線で示したようにクリーンユニット2に取り付ける。そして、クリーンユニット2の内部に外気が侵入しないよう

に、容器 4 の底部からエレベータ 2 0 により半導体ウェハを取り出す。ここで、半導体ウェハは、マガジンに収納しておき、密閉式の容器 4 にマガジンごと入れておく。そして、エレベータ 2 0 は、容器 4 の中から半導体ウェハをマガジンごと取り出して下に降ろす。

【0 0 3 2】

次に、エレベータ 2 0 によりマガジンごと下に降ろされて容器 4 から取り出された半導体ウェハの中から、検査対象の半導体ウェハを選択して、当該半導体ウェハを搬送用ロボット 2 1 により取り出す。ここで、搬送用ロボット 2 1 の先端部分には吸着機構が設けられており、半導体ウェハを吸着することにより、半導体ウェハを持ち運びできるようになされている。

【0 0 3 3】

そして、搬送用ロボット 2 1 によりマガジンから取り出された半導体ウェハは、アライナ 2 2 へと運ばれる。アライナ 2 2 は、半導体ウェハに予め形成されているオリエンテーションフラット及びノッチを基準として、半導体ウェハの位相出し及びセンター出しを行う。そして、位相出し及びセンター出しが行われた半導体ウェハは、再び搬送用ロボット 2 1 により吸着されて、検査用ステージ 1 1 へと運ばれ、検査用ステージ 1 1 の吸着プレート 1 8 の上に設置される。

【0 0 3 4】

なお、密閉式の容器 4 に入れられて搬送されてきた半導体ウェハを容器 4 から取り出して検査用ステージ 1 1 に設置する機構の例として、ここでは、エレベータ 2 0、搬送用ロボット 2 1 及びアライナ 2 2 からなる例を挙げたが、当然のことながら、半導体ウェハを容器 4 から取り出して検査用ステージ 1 1 に設置する機構は、上記の例に限定されるものではない。すなわち、密閉式の容器 4 に入れられて搬送されてきた半導体ウェハを外気に晒すことなく容器 4 から取り出して検査用ステージ 1 1 に設置するものであれば、上記の例に限ることなく、任意の機構が使用可能である。

【0 0 3 5】

つぎに、上記検査装置 1 について、図 4 のブロック図を参照して更に詳細に説明する。

【 0 0 3 6 】

図 4 に示すように、検査装置 1 の外部ユニット 5 には、表示装置 6 及び入力装置 8 a が接続された画像処理用コンピュータ 3 0 と、表示装置 7 及び入力装置 8 b が接続された制御用コンピュータ 3 1 とが配されている。なお、前掲した図 1 及び図 2 では、画像処理用コンピュータ 3 0 に接続された入力装置 8 b と、制御用コンピュータ 3 1 に接続された入力装置 8 b とをまとめて、入力装置 8 として図示している。

【 0 0 3 7 】

画像処理用コンピュータ 3 0 は、半導体ウェハを検査するときに、光学ユニット 1 2 の内部に設置された CCD (charge-coupled device) カメラ 3 2, 3 3 により半導体ウェハを撮像した画像を取り込んで処理するコンピュータである。すなわち、この検査装置 1 は、画像処理用コンピュータ 3 0 により、光学ユニット 1 2 の内部に設置された CCD カメラ 3 2, 3 3 により撮像した半導体ウェハの画像を、画像処理用コンピュータ 3 0 により処理して解析することにより、半導体ウェハの検査を行う。

【 0 0 3 8 】

なお、画像処理用コンピュータ 3 0 に接続された入力装置 8 a は、CCD カメラ 3 2, 3 3 から取り込んだ画像の解析等に必要な指示を、画像処理用コンピュータ 3 0 に対して入力するためのものであり、例えば、マウス等のポインティングデバイスやキーボード等からなる。また、画像処理用コンピュータ 3 0 に接続された表示装置 6 は、CCD カメラ 3 2, 3 3 から取り込んだ画像の解析結果等を表示するためのものであり、例えば、CRT ディスプレイや液晶ディスプレイ等からなる。

【 0 0 3 9 】

制御用コンピュータ 3 1 は、半導体ウェハを検査するときに、検査用ステージ 1 1、エレベータ 2 0、搬送用ロボット 2 1 及びアライナ 2 2、並びに光学ユニット 1 2 の内部の各機器等を制御するためのコンピュータである。すなわち、この検査装置 1 は、半導体ウェハの検査を行う際に、検査対象の半導体ウェハの画像が、光学ユニット 1 2 の内部に設置された CCD カメラ 3 2, 3 3 により撮像

されるように、制御用コンピュータ 3 1 により、検査用ステージ 1 1、エレベータ 2 0、搬送用ロボット 2 1 及びアライナ 2 2、並びに光学ユニット 1 2 の内部の各機器等を制御する。

【0 0 4 0】

なお、制御用コンピュータ 3 1 に接続された入力装置 8 b は、検査用ステージ 1 1、エレベータ 2 0、搬送用ロボット 2 1 及びアライナ 2 2、並びに光学ユニット 1 2 の内部の各機器等を制御するのに必要な指示を、制御用コンピュータ 3 1 に対して入力するためのものであり、例えば、マウス等のポインティングデバイスやキーボード等からなる。また、制御用コンピュータ 3 1 に接続された表示装置 7 は、半導体ウェハの検査時の各種条件等を表示するためのものであり、例えば、CRTディスプレイや液晶ディスプレイ等からなる。

【0 0 4 1】

また、画像処理用コンピュータ 3 0 と制御用コンピュータ 3 1 とは、メモリリンク機構により、互いにデータのやり取りが可能とされている。すなわち、画像処理用コンピュータ 3 0 と制御用コンピュータ 3 1 は、それぞれに設けられたメモリリンクインターフェース 3 0 a, 3 1 a を介して互いに接続されており、画像処理用コンピュータ 3 0 と制御用コンピュータ 3 1 との間で、互いにデータのやり取りが可能となっている。

【0 0 4 2】

一方、検査装置 1 のクリーンユニット 2 の内部には、密閉式の容器 4 に入れられて搬送されてきた半導体ウェハを容器 4 から取り出して検査用ステージ 1 1 に設置する機構として、上述したように、エレベータ 2 0、搬送用ロボット 2 1 及びアライナ 2 2 が配されている。これらは、外部ユニット 5 に配された制御用コンピュータ 3 1 に、ロボット制御インターフェース 3 1 b を介して接続されている。そして、エレベータ 2 0、搬送用ロボット 2 1 及びアライナ 2 2 には、制御用コンピュータ 3 1 からロボット制御インターフェース 3 1 b を介して、制御信号が送られる。

【0 0 4 3】

すなわち、密閉式の容器 4 に入れられて搬送されてきた半導体ウェハを容器 4

から取り出して検査用ステージ 1 1 に設置する際は、制御用コンピュータ 3 1 からロボット制御インターフェース 3 1 b を介して、エレベータ 2 0、搬送用ロボット 2 1 及びアライナ 2 2 に制御信号を送出する。そして、当該制御信号に基づいて、エレベータ 2 0、搬送用ロボット 2 1 及びアライナ 2 2 は、上述したように、密閉式の容器 4 に入れられて搬送されてきた半導体ウェハを容器 4 から取り出して検査用ステージ 1 1 に設置する動作を行う。

【0 0 4 4】

また、検査装置 1 のクリーンユニット 2 の内部には除振台 1 0 が配されており、当該除振台 1 0 の上に、上述したように、Xステージ 1 4、Yステージ 1 5、θステージ 1 6、Zステージ 1 7 及び吸着プレート 1 8 を備えた検査用ステージ 1 1 が設置されている。

【0 0 4 5】

ここで、Xステージ 1 4、Yステージ 1 5、θステージ 1 6、Zステージ 1 7 及び吸着プレート 1 8 は、外部ユニット 5 に配された制御用コンピュータ 3 1 に、ステージ制御インターフェース 3 1 c を介して接続されている。そして、Xステージ 1 4、Yステージ 1 5、θステージ 1 6、Zステージ 1 7 及び吸着プレート 1 8 には、制御用コンピュータ 3 1 からステージ制御インターフェース 3 1 c を介して、制御信号が送られる。

【0 0 4 6】

すなわち、半導体ウェハの検査を行う際は、制御用コンピュータ 3 1 からステージ制御インターフェース 3 1 c を介して、Xステージ 1 4、Yステージ 1 5、θステージ 1 6、Zステージ 1 7 及び吸着プレート 1 8 に制御信号を送出する。そして、当該制御信号に基づいて、Xステージ 1 4、Yステージ 1 5、θステージ 1 6、Zステージ 1 7 及び吸着プレート 1 8 を動作させ、検査対象の半導体ウェハを吸着プレート 1 8 により吸着して固定するとともに、半導体ウェハが所定の位置、角度及び高さとなるように、Xステージ 1 4、Yステージ 1 5、θステージ 1 6 及び Zステージ 1 7 を動作させる。

【0 0 4 7】

また、除振台 1 0 の上には光学ユニット 1 2 も設置されている。この光学ユニ

ット 1 2 は、半導体ウェハの検査時に半導体ウェハの画像を撮像するためのものであり、上述したように、検査対象の半導体ウェハの画像の撮像を可視光を用いて低分解能にて行う機能と、検査対象の半導体ウェハの画像の撮像を紫外光を用いて高分解能にて行う機能とを兼ね備えている。

【 0 0 4 8 】

この光学ユニット 1 2 の内部には、可視光にて半導体ウェハの画像を撮像するための機構として、可視光用 CCD カメラ 3 2 と、ハロゲンランプ 3 4 と、可視光用光学系 3 5 と、可視光用対物レンズ 3 6 と、可視光用オートフォーカス制御部 3 7 とが配されている。

【 0 0 4 9 】

そして、可視光にて半導体ウェハの画像を撮像する際は、ハロゲンランプ 3 4 を点灯させる。ここで、ハロゲンランプ 3 4 の駆動源は、外部ユニット 5 に配された制御用コンピュータ 3 1 に、光源制御インターフェース 3 1 d を介して接続されている。そして、ハロゲンランプ 3 4 の駆動源には、制御用コンピュータ 3 1 から光源制御インターフェース 3 1 d を介して制御信号が送られる。ハロゲンランプ 3 4 の点灯／消灯は、この制御信号に基づいて行われる。

【 0 0 5 0 】

そして、可視光にて半導体ウェハの画像を撮像する際は、ハロゲンランプ 3 4 を点灯させ、当該ハロゲンランプ 3 4 からの可視光を、可視光用光学系 3 5 及び可視光用対物レンズ 3 6 を介して半導体ウェハにあてて、半導体ウェハを照明する。そして、可視光により照明された半導体ウェハの像を可視光用対物レンズ 3 6 により拡大し、その拡大像を可視光用 CCD カメラ 3 2 により撮像する。

【 0 0 5 1 】

ここで、可視光用 CCD カメラ 3 2 は、外部ユニット 5 に配された画像処理用コンピュータ 3 0 に、画像取込インターフェース 3 0 b を介して接続されている。そして、可視光用 CCD カメラ 3 2 により撮像された半導体ウェハの画像は、画像取込インターフェース 3 0 b を介して画像処理用コンピュータ 3 0 に取り込まれる。

【 0 0 5 2 】

また、上述のように可視光にて半導体ウェハの画像を撮像する際は、可視光用オートフォーカス制御部 3 7 により、自動焦点位置合わせを行う。すなわち、可視光用オートフォーカス制御部 3 7 により、可視光用対物レンズ 3 6 と半導体ウェハの間隔が可視光用対物レンズ 3 6 の焦点距離に一致しているか否かを検出し、一致していない場合には、可視光用対物レンズ 3 6 又は Z ステージ 1 7 を動かして、半導体ウェハの検査対象面が可視光用対物レンズ 3 6 の焦点面に一致するようにする。

【 0 0 5 3 】

ここで、可視光用オートフォーカス制御部 3 7 は、外部ユニット 5 に配された制御用コンピュータ 3 1 に、オートフォーカス制御インターフェース 3 1 e を介して接続されている。そして、可視光用オートフォーカス制御部 3 7 には、制御用コンピュータ 3 1 からオートフォーカス制御インターフェース 3 1 e を介して制御信号が送られる。可視光用オートフォーカス制御部 3 7 による可視光用対物レンズ 3 6 の自動焦点位置合わせは、この制御信号に基づいて行われる。

【 0 0 5 4 】

また、光学ユニット 1 2 の内部には、紫外光にて半導体ウェハの画像を撮像するための機構として、紫外光用 CCD カメラ 3 3 と、紫外光レーザ光源 3 8 と、紫外光用光学系 3 9 と、紫外光用対物レンズ 4 0 と、紫外光用オートフォーカス制御部 4 1 とが配されている。

【 0 0 5 5 】

そして、紫外光にて半導体ウェハの画像を撮像する際は、紫外光レーザ光源 3 8 を点灯させる。ここで、紫外光レーザ光源 3 8 の駆動源は、外部ユニット 5 に配された制御用コンピュータ 3 1 に、光源制御インターフェース 3 1 d を介して接続されている。そして、紫外光レーザ光源 3 8 の駆動源には、制御用コンピュータ 3 1 から光源制御インターフェース 3 1 d を介して制御信号が送られる。紫外光レーザ光源 3 8 の点灯／消灯は、この制御信号に基づいて行われる。

【 0 0 5 6 】

なお、現在工業用として実用可能な紫外線固体レーザの上限波長は 3 5 5 nm

である。そこで、紫外光レーザ光源 3 8 には、波長が 3 5 5 n m 以下の紫外光レーザを出射するものを用いることが好ましい。なお、波長が 3 5 5 n m の紫外光レーザは、Y A G レーザの 3 倍波として得られる。また、後で詳細に説明するように、Y A G レーザの 4 倍波として波長が 2 6 6 n m の紫外光レーザを得ることも可能である。また、レーザ光源としては、発振波長が 1 6 6 n m のものも開発されており、そのようなレーザ光源を上記紫外光レーザ光源 3 8 として用いてもよい。なお、解像度を高めるという観点からは、紫外光レーザ光源 3 8 から出射される紫外光レーザの波長は短い方が好ましいが、あまりに波長が短いと、その波長に対応した光学系を構成することが困難となる。したがって、上記紫外線レーザ光源 3 8 から出射される紫外光レーザの波長 λ は、3 5 5 n m ~ 1 6 6 n m 程度が好ましい。

【0 0 5 7】

そして、紫外光にて半導体ウェハの画像を撮像する際は、紫外光レーザ光源 3 8 を点灯させ、当該紫外光レーザ光源 3 8 からの紫外光を、紫外光用光学系 3 9 及び紫外光用対物レンズ 4 0 を介して半導体ウェハにあてて、半導体ウェハを照明する。そして、紫外光により照明された半導体ウェハの像を紫外光用対物レンズ 4 0 により拡大し、その拡大像を紫外光用 C C D カメラ 3 3 により撮像する。

【0 0 5 8】

ここで、紫外光用 C C D カメラ 3 3 は、外部ユニット 5 に配された画像処理用コンピュータ 3 0 に、画像取込インターフェース 3 0 c を介して接続されている。そして、紫外光用 C C D カメラ 3 3 により撮像された半導体ウェハの画像は、画像取込インターフェース 3 0 c を介して画像処理用コンピュータ 3 0 に取り込まれる。

【0 0 5 9】

また、上述のように紫外光にて半導体ウェハの画像を撮像する際は、紫外光用オートフォーカス制御部 4 1 により、自動焦点位置合わせを行う。すなわち、紫外光用オートフォーカス制御部 4 1 により、紫外光用対物レンズ 4 0 と半導体ウェハの間隔が紫外光用対物レンズ 4 0 の焦点距離に一致しているか否かを検出し、一致していない場合には、紫外光用対物レンズ 4 0 又は Z ステージ 1 7 を動か

して、半導体ウェハの検査対象面が紫外光用対物レンズ 4 0 の焦点面に一致するようにする。

【 0 0 6 0 】

ここで、紫外光用オートフォーカス制御部 4 1 は、外部ユニット 5 に配された制御用コンピュータ 3 1 に、オートフォーカス制御インターフェース 3 1 e を介して接続されている。そして、紫外光用オートフォーカス制御部 4 1 には、制御用コンピュータ 3 1 からオートフォーカス制御インターフェース 3 1 e を介して制御信号が送られる。紫外光用オートフォーカス制御部 4 1 による紫外光用対物レンズ 4 0 の自動焦点位置合わせは、この制御信号に基づいて行われる。

【 0 0 6 1 】

つぎに、上記検査装置 1 の光学ユニット 1 2 の光学系について、図 5 を参照して更に詳細に説明する。なお、ここでは、オートフォーカス制御部 3 7, 4 1 についての説明は省略し、検査対象の半導体ウェハを照明する光学系と、検査対象の半導体ウェハを撮像する光学系とについて説明する。

【 0 0 6 2 】

図 5 に示すように、光学ユニット 1 2 は、可視光にて半導体ウェハの画像を撮像するための光学系として、ハロゲンランプ 3 4 と、可視光用光学系 3 5 と、可視光用対物レンズ 3 6 とを備えている。

【 0 0 6 3 】

ハロゲンランプ 3 4 からの可視光は、光ファイバ 5 0 によって可視光用光学系 3 5 へ導かれる。ここで、可視光用光学系 3 5 は、2 つのレンズ 5 1, 5 2 により構成された照明用光学系 5 3 を備えており、光ファイバ 5 0 によって可視光用光学系 3 5 へ導かれた可視光は、先ず、照明用光学系 5 3 に入射する。そして、光ファイバによって可視光用光学系 3 5 へ導かれた可視光は、照明用光学系 5 3 を介してハーフミラー 5 4 に入射し、ハーフミラー 5 4 によって可視光用対物レンズ 3 6 へ向けて反射され、可視光用対物レンズ 3 6 を介して半導体ウェハに入射する。これにより、半導体ウェハが可視光により照明される。

【 0 0 6 4 】

そして、可視光により照明された半導体ウェハの像は、可視光用対物レンズ 3

6により拡大され、可視光用CCDカメラ32により撮像される。すなわち、可視光により照明された半導体ウェハからの反射光が、可視光用対物レンズ36、ハーフミラー54及び撮像用レンズ55を介して可視光用CCDカメラ32に入射し、これにより、半導体ウェハの拡大像が可視光用CCDカメラ32によって撮像される。そして、可視光用CCDカメラ32によって撮像された半導体ウェハの画像（以下、可視画像と称する。）は、画像処理用コンピュータ30へと送られる。

【0065】

また、光学ユニット12は、紫外光にて半導体ウェハの画像を撮像するための光学系として、紫外光レーザ光源38と、紫外光用光学系39と、紫外光用対物レンズ40とを備えている。

【0066】

紫外光レーザ光源38からの紫外光は、光ファイバ60によって紫外光用光学系39へ導かれる。ここで、紫外光用光学系39は、2つのレンズ61、62により構成された照明用光学系63を備えており、光ファイバ60によって紫外光用光学系39へ導かれた紫外光は、先ず、照明用光学系63に入射する。そして、光ファイバ60によって紫外光用光学系39へ導かれた紫外光は、照明用光学系63を介してハーフミラー64に入射し、ハーフミラー64によって紫外光用対物レンズ40へ向けて反射され、紫外光用対物レンズ40を介して半導体ウェハに入射する。これにより、半導体ウェハが紫外光により照明される。

【0067】

そして、紫外光により照明された半導体ウェハの像は、紫外光用対物レンズ40により拡大され、紫外光用CCDカメラ33により撮像される。すなわち、紫外光により照明された半導体ウェハからの反射光が、紫外光用対物レンズ40、ハーフミラー64及び撮像用レンズ65を介して紫外光用CCDカメラ33に入射し、これにより、半導体ウェハの拡大像が紫外光用CCDカメラ33によって撮像される。そして、紫外光用CCDカメラ33によって撮像された半導体ウェハの画像（以下、紫外画像と称する。）は、画像処理用コンピュータ30へと送られる。

【 0 0 6 8 】

なお、紫外光用光学系 3 9 は、図 6 に示すように、ハーフミラー 6 4 に代えて偏光ビームスプリッタ 7 0 を配置し、偏光ビームスプリッタ 7 0 と紫外光用対物レンズ 4 0 の間に 1 / 4 波長板 7 1 を配置するようにしてもよい。このような構成とすることにより、紫外光レーザをより効率良く使用することができる。

【 0 0 6 9 】

以上のような検査装置 1 では、可視光よりも短波長の光である紫外光により、半導体ウェハの画像を撮像して検査することができるので、可視光を用いて欠陥の検出や分類分けを行う場合に比べて、より微細な欠陥の検出や分類分けを行うことができる。

【 0 0 7 0 】

しかも、上記検査装置 1 では、可視光用の光学系と紫外光用の光学系とを兼ね備えており、可視光を用いた低分解能での半導体ウェハの検査と、紫外光を用いた高分解能での半導体ウェハの検査との両方を行うことができる。したがって、上記検査装置 1 では、可視光を用いた低分解能での半導体ウェハの検査により、大きい欠陥の検出や分類分けを行い、且つ、紫外光を用いた高分解能での半導体ウェハの検査により、小さい欠陥の検出や分類分けを行うといったことも可能である。

【 0 0 7 1 】

なお、上記検査装置 1 において、紫外光用対物レンズ 4 0 の開口数 NA は、大きい方が好ましく、例えば 0. 9 以上とする。このように、紫外光用対物レンズ 4 0 として、開口数 NA の大きなレンズを用いることで、より微細な欠陥の検出が可能となる。

【 0 0 7 2 】

ところで、半導体ウェハの欠陥が、引っ掻き傷のように色情報が無く凹凸だけからなる場合、可干渉性を持たない光では、その欠陥を見ることは殆どできない。これに対して、レーザ光のように可干渉性に優れた光を用いた場合には、引っ掻き傷のように色情報が無く凹凸だけからなる欠陥であっても、凹凸の段差近辺で光が干渉することにより、当該欠陥をはっきりと見ることができる。そして、

上記検査装置 1 では、紫外光の光源として紫外域のレーザー光を出射する紫外光レーザー光源 3 8 を用いている。したがって、上記検査装置 1 では、引っ掻き傷のように色情報が無く凹凸だけからなる欠陥であっても、当該欠陥をはっきりと検出することができる。すなわち、上記検査装置 1 では、ハロゲンランプ 3 4 からの可視光（インコヒーレント光）では検出が困難な位相情報を、紫外光レーザー光源 3 8 からの紫外光レーザー（コヒーレント光）を用いて、容易に検出することができる。

【0073】

つぎに、上記検査装置 1 で使用される紫外光レーザー光源 3 8 の構成例について、図 7 を参照して更に詳細に説明する。

【0074】

図 7 に示す紫外光レーザー光源 3 8 は、固体レーザー光源からのレーザー光に対して波長変換を行うことにより、紫外線レーザー光を発生させ出射する。そして、この紫外光レーザー光源 3 8 は、グリーンレーザー光を発生させるグリーンレーザー光発生部 1 1 1 と、グリーンレーザー光発生部 1 1 1 からのグリーンレーザー光に波長変換を施して紫外線レーザー光を発生させる紫外線レーザー光発生部 1 1 2 とを備える。

【0075】

グリーンレーザー光発生部 1 1 1 では、まず、半導体レーザー 1 1 3 から波長 $\lambda = 808 \text{ nm}$ の高出力レーザー光が出射される。この高出力レーザー光は、集光レンズ 1 1 4 によって集光された上で、ノンプレーナ・モノリシックリング型の Nd : YAG レーザ 1 1 5 に、当該 Nd : YAG レーザ 1 1 5 を励起させる励起光として入射する。これにより、Nd : YAG レーザ 1 1 5 は励起され、波長 $\lambda = 1064 \text{ nm}$ の赤外線レーザー光を発振する。このとき、Nd : YAG レーザ 1 1 5 には、外部磁場を印加しておく。これにより、Nd : YAG レーザ 1 1 5 は一方向のみに縦単一モードで発振する。このような発振の原理は、例えば米国特許 USP4749842 に開示されている。

【0076】

なお、ここでは、Nd : YAG レーザ 1 1 5 として、モノリシックリング型のものを採用している。モノリシックリング型の光共振器は、発振安定性が高く、

T.Kane et.al.Opt Lett Vol. 10 (1985) pp65 に示されているように、優れた時間コヒーレンス特性を示す。また、このNd:YAGレーザ115において、共振器内の光路は、非同一面となるようになされていることが好ましい。共振器内の光路を非同一面とすることにより、赤外線レーザ光の発振をより安定なものとする事ができる。

【0077】

Nd:YAGレーザ115から出射された赤外線レーザ光は、モードマッチングレンズ116を介して、モノリシックリング型のMgO:LN結晶117に入射する。そして、波長 $\lambda = 1064\text{ nm}$ の赤外線レーザ光が入射されたMgO:LN結晶117は、波長 $\lambda = 532\text{ nm}$ の第二高調波を発生させる。ここで、MgO:LN結晶117は、波長 $\lambda = 1064\text{ nm}$ の赤外線レーザ光に対して光共振器を構成するようにしておく。光共振器内部での高いパワー密度を利用すれば、高効率な波長変換を連続波で実現できる。具体的には、赤外線レーザ光の波長と、MgO:LN結晶117の内部における共振波長とを一致させて光共振器を構成することにより、65%程度の高効率にて第二高調波を発生させることができる。

【0078】

そして、MgO:LN結晶117での第二高調波発生により、波長 $\lambda = 1064\text{ nm}$ の赤外線レーザ光に対して波長変換が施されてなる波長 $\lambda = 532\text{ nm}$ のグリーンレーザ光は、光反射ミラー118によって反射され、レンズ119によって所定のビーム径に整形された上で、グリーンレーザ光発生部111から出射される。

【0079】

以上のような構成を有するグリーンレーザ光発生部111では、時間コヒーレンス特性に優れたグリーンレーザ光を、非常に高効率にて発生させることができる。なお、上記グリーンレーザ光発生部111において、半導体レーザ113から1Wのレーザ光を出射するようにした場合には、Nd:YAGレーザ115により500mW程度の赤外線レーザ光が発生し、MgO:LN結晶117により200mW程度のグリーンレーザ光が発生する。このように、上記グリーンレー

ザ光発生部 1 1 1 は非常に効率が良い。しかも、半導体レーザ 1 1 3 の電気効率は、ガスレーザ等に比べて遥かに高く、およそ 3 0 % 程度である。したがって、制御回路等での消費電力を含めたとしても、グリーンレーザ光発生部 1 1 1 での消費電力は非常に少なく済む。

【0 0 8 0】

以上のようにグリーンレーザ光発生部 1 1 1 によって生成されたグリーンレーザ光は、紫外線レーザ光発生部 1 1 2 に入射する。紫外線レーザ光発生部 1 1 2 では、非線形光学素子である $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$ (以下、BBO と称する。) 1 2 1 を用いて、グリーンレーザ光の第二高調波を発生させることで、波長 $\lambda = 266\text{ nm}$ の紫外線レーザ光を発生させる。すなわち、紫外線レーザ光発生部 1 1 2 では、グリーンレーザ光を基本波とし、BBO 1 2 1 によって第二高調波として紫外線レーザ光を発生させる。

【0 0 8 1】

BBO 1 2 1 は、波長 $\lambda = 190\text{ nm}$ の遠紫外域まで光を透過し、レーザダメージにも強く、複屈折が大きいので、広い波長範囲で第二高調波発生が可能であり、遠紫外域における第二高調波発生用素子として非常に好適である。しかし、BBO 1 2 1 で波長 $\lambda = 266\text{ nm}$ の第二高調波を発生させるときには角度位相整合が必要であり、MgO:LN 結晶 1 1 7 のように温度位相整合ができないため、グリーンレーザ光発生部 1 1 1 のようにモノリシックリング型の結晶を用いて第二高調波を発生させるようなことは困難である。そこで、紫外線レーザ光発生部 1 1 2 では、4 つの独立したミラー 1 2 2, 1 2 3, 1 2 4, 1 2 5 を備えたリング型の光共振器 1 2 6 を用い、外部共振型にて第二高調波発生を行う。

【0 0 8 2】

紫外線レーザ光発生部 1 1 2 に入射した基本波 (すなわちグリーンレーザ光) は、位相変調器 1 2 7 及びモードマッチングレンズ 1 1 8 を介して、光共振器 1 2 6 に入射する。ここで、光共振器 1 2 6 は、第 1 乃至第 4 のミラー 1 2 2, 1 2 3, 1 2 4, 1 2 5 によって構成されており、第 1 のミラー 1 2 2 と第 2 のミラー 1 2 3 との間に BBO 1 2 1 が配される。

【0083】

そして、基本波は、第1のミラー122を介して光共振器126の中に導入される。このとき、基本波の一部は、第1のミラー122によって反射され、更にミラー129によって光検出器130に向けて反射され、当該光検出器130によって検出される。一方、第1のミラー122を透過して光共振器126の内部に導入された光は、先ず、BBO121を介して第2のミラー123に向かい、次に、第2のミラー123によって第3のミラー124へ向けて反射され、次に、第3のミラー124によって第4のミラー125へ向けて反射され、次に、第4のミラー125によって第1のミラー122へ向けて反射され、その後、第1のミラー122によって反射されて、再びBBO121を介して第2のミラー123に向かう。

【0084】

上記光共振器126の第1のミラー122によって反射された基本波は、上述したように、光検出器130によって検出される。そして、光共振器126の第1のミラー122によって反射された基本波を光検出器130で検出することにより得られた検出信号は、制御回路131に送られる。また、上記紫外線レーザー光発生部112において、位相変調器127は、位相変調器駆動回路128からの変調信号により、光共振器126に入射する基本波を位相変調する。そして、制御回路131は、上記検出信号を上記変調信号で同期検波することにより、光共振器126の光路位相差の誤差信号を検出し、当該誤差信号に基づいて、光共振器126の共振器長が常に共振条件を満たすように、電磁アクチュエータ132を駆動して、第3のミラー124の位置を連続的に精密に制御する。

【0085】

以上のようにして第3のミラー124の位置を連続的に精密に制御することで、光共振器126が独立した複数のミラー122, 123, 124, 125から構成されていても、当該光共振器126の共振器長を、光の波長の数100分の1という非常に高い精度で制御することができる。そして、このように光共振器126の共振器長を精密に制御して、共振条件を常に満たすようにすることで、BBO121による第二高調波発生をより効率良く行うことが可能となる。

【0086】

また、上記光共振器 1 2 6 では、共振器ロスを低減するため、B B O 1 2 1 に反射防止膜を施しておく。また、共振器ロスを低減するため、光共振器 1 2 6 を構成する第 2 乃至第 4 のミラー 1 2 3, 1 2 4, 1 2 5 として、反射率 99.9 % 程度の高反射率ミラーを用いる。B B O 1 2 1 に反射防止膜を施し、且つ、第 2 乃至第 4 のミラー 1 2 3, 1 2 4, 1 2 5 として反射率 99.9 % 程度の高反射率ミラーを用いることで、光共振器 1 2 6 の共振器ロスを 0.5 % 程度以下に抑えることができる。

【0087】

以上のような構成を有する紫外線レーザ光発生部 1 1 2 では、時間コヒーレンス特性に優れた紫外線レーザ光を、非常に高効率にて発生させることができる。実際に、グリーンレーザ光発生部 1 1 1 から紫外線レーザ光発生部 1 1 2 に入射されるグリーンレーザ光の出力を 200 mW として、紫外線レーザ光発生部 1 1 2 により紫外線レーザ光を発生させたところ、50 mW 程度の紫外線レーザ光が得られることが確認された。

【0088】

なお、紫外光はフォトンエネルギーが高いため、光共振器内に配した B B O での第二高調波発生により紫外線レーザ光を発生させるようにすると、光共振器を構成するミラーや B B O などを劣化させてしまう恐れがある。そのため、従来、光共振器内に配した B B O での第二高調波発生により紫外線レーザ光を発生させるようにした光源は、寿命が短く信頼性が低いという問題があり、計測装置用の光源として実用化することは難しかった。

【0089】

しかしながら、本発明者は、B B O 結晶育成の改善、B B O に施す反射防止膜の改善、B B O に入射する光のスポットサイズの最適化、光共振器内の洗浄及び雰囲気最適化などを図ることにより、図 7 に示したように光共振器 1 2 6 の内部に配した B B O 1 2 1 で第二高調波発生を行うようにしても、十分な信頼性及び寿命が得られることを確認した。具体的には、上述のような改善及び最適化を図ることにより、100 mW の紫外線レーザ光を発生させた場合に、1000 時

間以上安定に動作することが確認され、また、30mWの紫外線レーザー光を発生させた場合に、5000時間以上安定に動作することが確認された。これらの結果から、例えば、20mWの紫外線レーザー光を発生させたときの寿命は、10000時間程度にも達すると推定される。これだけの寿命があれば、実質的にメンテナンスフリーの光源として取り扱うことができ、検査装置用の光源としても十分に実用化が可能である。

【0090】

以上のように紫外線レーザー光発生部112によって生成された紫外線レーザー光は、コリメータレンズ133により平行光とされ、アナモルフィックプリズムペア134によりビーム整形された上で、紫外光レーザー光源138から出射される。なお、アナモルフィックプリズムペア134は、紫外光レーザー光源138から出射される紫外線レーザー光のスポット形状が、ほぼ円形のビームとなるようにビーム整形を行う。光共振器126から出射された紫外線レーザー光は、BB0121の複屈折によるウォークオフ効果により楕円ビームとなっている。そこで、この紫外光レーザー光源38では、アナモルフィックプリズムペア134によって、スポット形状がほぼ円形のビームとなるようにビーム整形した上で、紫外線レーザー光を出射するようにしている。

【0091】

以上のような紫外光レーザー光源38は、固体レーザー光源(Nd:YAGレーザー115)からのレーザー光に対して、非線形光学素子(MgO:LN結晶117, BB0121)を用いた第二高調波発生による波長変換を2段階にわたって行うことにより、紫外線レーザー光を発生させるようにしている。すなわち、この紫外光レーザー光源138は、固体素子だけで紫外線レーザー光を発生させる全固体紫外光レーザー光源138となっている。

【0092】

このように固体素子だけで紫外光レーザー光源138を構成することで、小型、高効率、低消費電力、高安定、高ビーム品質の光源を実現することができる。しかも、上記紫外光レーザー光源138では、時間コヒーレンス特性に優れた紫外線レーザー光が得られる。

【 0 0 9 3 】

なお、紫外線レーザ光を発振するレーザ光源としては、例えば、エキシマレーザやアルゴンレーザ等のガスレーザもあるが、これらのガスレーザは、装置が大型であり、しかも効率が悪く消費電力が高いという問題がある。例えば、波長 3 5 1 n m で発振するアルゴンレーザの場合、通常、その効率は 0 . 0 0 1 % 以下である。これに比べると、全て固体素子から構成されている上記紫外光レーザ光源 3 8 は、遥かに高い効率が得られ、しかも、装置を非常に小型にすることができる。

【 0 0 9 4 】

更に、アルゴンレーザの場合には、大量の冷却水が必要という問題もある。冷却水を循環させると振動が生じてしまうため、大量の冷却水が必要なアルゴンレーザは、微細構造の検査には不適當である。しかも、アルゴンレーザは発振波長安定性が悪いという問題もある。また、エキシマレーザの場合には、危険物である弗化物ガスの供給が必要となるという問題もある。更に、エキシマレーザはピークパワーの高いパルス発振をするので、半導体ウェハの画像を撮像して検査を行う検査装置 1 の光源としては不適當である。

【 0 0 9 5 】

これに対して、上記紫外光レーザ光源 3 8 では、固体レーザ光源からのレーザ光に対して波長変換を行うことにより紫外線レーザ光を発生させるようにすることで、エキシマレーザやアルゴンレーザ等のガスレーザを用いたときの問題点を全て解決している。

【 0 0 9 6 】

つぎに、上記検査装置 1 で半導体ウェハを検査するときの手順について、図 8 乃至図 1 1 のフローチャートを参照して説明する。なお、図 8 乃至図 1 1 のフローチャートでは、検査対象の半導体ウェハが検査用ステージ 1 1 に設置された状態以降の処理の手順を示している。また、ここでは、半導体ウェハ上に同様なデバイスパターンが多数形成されているものとし、欠陥の検出や分類分けは、欠陥がある領域の画像（欠陥画像）と、その他の領域の画像（参照画像）とを撮像し、それらを比較することで行うものとする。

【0097】

まず、図8のフローチャートに従って半導体ウェハの検査を行うときの手順について説明する。なお、図8に示すフローチャートは、半導体ウェハ上の欠陥の位置が予め分かっている場合に、その欠陥を上記検査装置1により検査して分類分けを行うときの手順の一例を示している。

【0098】

この場合は、先ず、ステップS1-1に示すように、制御用コンピュータ31に欠陥位置座標ファイルを読み込む。ここで、欠陥位置座標ファイルは、半導体ウェハ上の欠陥の位置に関する情報が記述されたファイルであり、欠陥検出装置等により、半導体ウェハ上の欠陥の位置を予め計測して作成しておく。そして、ここでは、その欠陥位置座標ファイルを制御用コンピュータ31に読み込む。

【0099】

次に、ステップS1-2において、制御用コンピュータ31によりXステージ14及びYステージ15を駆動させ、欠陥位置座標ファイルが示す欠陥位置座標へ半導体ウェハを移動させ、半導体ウェハの検査対象領域が可視光用対物レンズ36の視野内に入るようにする。

【0100】

次に、ステップS1-3において、制御用コンピュータ31により可視光用オートフォーカス制御部37を駆動させ、可視光用対物レンズ36の自動焦点位置合わせを行う。

【0101】

次に、ステップS1-4において、可視光用CCDカメラ32により半導体ウェハの画像を撮像し、撮像した可視画像を画像処理用コンピュータ30に送る。なお、ここで撮像される可視画像は、欠陥位置座標ファイルが示す欠陥位置座標における画像、すなわち、欠陥があるとされる領域の画像（以下、欠陥画像と称する。）である。

【0102】

次に、ステップS1-5において、制御用コンピュータ31によりXステージ14及びYステージ15を駆動させ、参照位置座標へ半導体ウェハを移動させ、

半導体ウェハの参照領域が可視光用対物レンズ 3 6 の視野内に入るようにする。ここで、参照領域は、半導体ウェハの検査対象領域以外の領域であって、半導体ウェハの検査対象領域におけるデバイスパターンと同様なデバイスパターンが形成されている領域である。

【0 1 0 3】

次に、ステップ S 1 - 6 において、制御用コンピュータ 3 1 により可視光用オートフォーカス制御部 3 7 を駆動させ、可視光用対物レンズ 3 6 の自動焦点位置合わせを行う。

【0 1 0 4】

次に、ステップ S 1 - 7 において、可視光用 CCD カメラ 3 2 により半導体ウェハの画像を撮像し、撮像した可視画像を画像処理用コンピュータ 3 0 に送る。なお、ここで撮像される可視画像は、半導体ウェハの検査対象領域におけるデバイスパターンと同様なデバイスパターンが形成されている領域の画像（以下、参照画像と称する。）である。

【0 1 0 5】

次に、ステップ S 1 - 8 において、画像処理用コンピュータ 3 0 により、ステップ S 1 - 4 で取り込んだ欠陥画像と、ステップ S 1 - 7 で取り込んだ参照画像とを比較し、欠陥画像から欠陥を検出する。そして、欠陥が検出できた場合には、ステップ S 1 - 9 へ進み、欠陥が検出できなかった場合には、ステップ S 1 - 1 1 へ進む。

【0 1 0 6】

ステップ S 1 - 9 では、画像処理用コンピュータ 3 0 により、検出された欠陥が何であるかを調べて分類分けを行う。そして、欠陥の分類分けができた場合には、ステップ S 1 - 1 0 へ進み、欠陥の分類分けができなかった場合には、ステップ S 1 - 1 1 へ進む。

【0 1 0 7】

ステップ S 1 - 1 0 では、欠陥の分類結果を保存する。ここで、欠陥の分類結果は、例えば、画像処理用コンピュータ 3 0 や制御用コンピュータ 3 1 に接続された記憶装置に保存する。なお、欠陥の分類結果は、画像処理用コンピュータ 3

0や制御用コンピュータ31にネットワークを介して接続された他のコンピュータに転送して保存するようにしてもよい。

【0108】

ステップS1-10での処理が完了したら、半導体ウェハの欠陥の分類分けが完了したこととなるので、これで処理を終了する。ただし、半導体ウェハ上に複数の欠陥がある場合には、ステップS1-2へ戻って、他の欠陥の検出及び分類分けを行うようにしてもよい。

【0109】

一方、ステップS1-8で欠陥検出ができなかった場合や、ステップS1-9で欠陥の分類分けができなかった場合には、ステップS1-11以降へ進み、紫外光を用いて高分解能での撮像を行って欠陥の検出や分類分けを行う。

【0110】

その場合は、まず、ステップS1-11において、制御用コンピュータ31によりXステージ14及びYステージ15を駆動させ、欠陥位置座標ファイルが示す欠陥位置座標へ半導体ウェハを移動させ、半導体ウェハの検査対象領域が紫外光用対物レンズ40の視野内に入るようにする。

【0111】

次に、ステップS1-12において、制御用コンピュータ31により紫外光用オートフォーカス制御部41を駆動させ、紫外光用対物レンズ40の自動焦点位置合わせを行う。

【0112】

次に、ステップS1-13において、紫外光用CCDカメラ33により半導体ウェハの画像を撮像し、撮像した紫外画像を画像処理用コンピュータ30に送る。なお、ここで撮像される紫外画像は、欠陥位置座標ファイルが示す欠陥位置座標における画像、すなわち欠陥画像である。また、ここでの欠陥画像の撮像は、可視光よりも短波長の光である紫外光を用いて、可視光を用いた場合の撮像よりも高分解能にて行う。

【0113】

次に、ステップS1-14において、制御用コンピュータ31によりXステー

ジ 1 4 及び Y ステージ 1 5 を駆動させ、参照位置座標へ半導体ウェハを移動させ、半導体ウェハの参照領域が紫外光用対物レンズ 4 0 の視野内に入るようにする。ここで、参照領域は、半導体ウェハの検査対象領域以外の領域であって、半導体ウェハの検査対象領域におけるデバイスパターンと同様なデバイスパターンが形成されている領域である。

【 0 1 1 4 】

次に、ステップ S 1 - 1 5 において、制御用コンピュータ 3 1 により紫外光用オートフォーカス制御部 4 1 を駆動させ、紫外光用対物レンズ 4 0 の自動焦点位置合わせを行う。

【 0 1 1 5 】

次に、ステップ S 1 - 1 6 において、紫外光用 CCD カメラ 3 3 により半導体ウェハの画像を撮像し、撮像した紫外画像を画像処理用コンピュータ 3 0 に送る。なお、ここで撮像される紫外画像は、半導体ウェハの検査対象領域におけるデバイスパターンと同様なデバイスパターンが形成されている領域の画像、すなわち参照画像である。また、ここでの参照画像の撮像は、可視光よりも短波長の光である紫外光を用いて、可視光を用いた場合よりも高分解能にて行う。

【 0 1 1 6 】

次に、ステップ S 1 - 1 7 において、画像処理用コンピュータ 3 0 により、ステップ S 1 - 1 3 で取り込んだ欠陥画像と、ステップ S 1 - 1 6 で取り込んだ参照画像とを比較し、欠陥画像から欠陥を検出する。そして、欠陥が検出できた場合には、ステップ S 1 - 1 8 へ進み、欠陥が検出できなかった場合には、ステップ S 1 - 1 9 へ進む。

【 0 1 1 7 】

ステップ S 1 - 1 8 では、画像処理用コンピュータ 3 0 により、検出された欠陥が何であるかを調べて分類分けを行う。そして、欠陥の分類分けができた場合には、ステップ S 1 - 1 0 へ進み、上述したように、欠陥の分類結果を保存する。一方、欠陥の分類分けができなかった場合には、ステップ S 1 - 1 9 へ進む。

【 0 1 1 8 】

ステップ S 1 - 1 9 では、欠陥の分類分けができなかったことを示す情報を保

存する。ここで、欠陥の分類分けができなかったことを示す情報は、例えば、画像処理用コンピュータ 3 0 や制御用コンピュータ 3 1 に接続された記憶装置に保存する。なお、この情報は、画像処理用コンピュータ 3 0 や制御用コンピュータ 3 1 にネットワークを介して接続された他のコンピュータに転送して保存するようにしてもよい。

【0 1 1 9】

以上のような手順により、先ず、可視光用 CCD カメラ 3 2 により撮像された画像を処理して解析することで低分解能にて半導体ウェハの検査を行い、可視光での欠陥の検出や分類分けができなかった場合に、次に、紫外光用 CCD カメラ 3 3 により撮像された画像を処理して解析することで高分解能にて半導体ウェハの検査を行う。このようにすることで、可視光だけを用いて欠陥の検出や分類分けを行う場合に比べて、より微細な欠陥の検出や分類分けを行うことができる。

【0 1 2 0】

ただし、可視光を用いて低分解能にて撮像した方が、一度に撮像できる領域が広いので、欠陥が十分に大きい場合には、可視光を用いて低分解能にて半導体ウェハの検査を行った方が効率が良い。したがって、最初から紫外光を用いて欠陥の検査や分類分けを行うのではなく、上述のように、最初に可視光を用いて欠陥の検査や分類分けを行うようにすることで、より効率良く半導体ウェハの検査を行うことができる。

【0 1 2 1】

つぎに、図 9 のフローチャートに従って半導体ウェハの検査を行うときの手順について説明する。なお、図 9 に示すフローチャートは、半導体ウェハ上の欠陥の位置及び大きさが予め分かっている場合に、その欠陥を上記検査装置 1 により検査して分類分けを行うときの手順の一例を示している。

【0 1 2 2】

この場合は、先ず、ステップ S 2 - 1 に示すように、制御用コンピュータ 3 1 に欠陥位置座標及び欠陥サイズのファイルを読み込む。ここで、欠陥位置座標及び欠陥サイズのファイルは、半導体ウェハ上の欠陥の位置に関する情報と、当該欠陥の大きさに関する情報とが記述されたファイルであり、欠陥検出装置等によ

り、半導体ウェハ上の欠陥の位置や大きさを予め計測して作成しておく。そして、ここでは、そのファイルを制御用コンピュータ 31 に読み込む。

【0123】

次に、ステップ S 2 - 2 において、ステップ S 2 - 1 で読み込んだファイルに基づいて、検査対象の欠陥の大きさを判別し、所定の大きさよりも大きい場合には、ステップ S 2 - 3 へ進み、所定の大きさよりも小さい場合には、ステップ S 2 - 1 2 へ進む。

【0124】

なお、欠陥の大きさの判別は、例えば、紫外光を用いて撮像するときの分解能を基準として行う。具体的には例えば、検査対象の欠陥の直径を A とし、紫外光レーザ光源 38 から出射される紫外光の波長を λ とし、紫外光用対物レンズ 40 の開口数を NA としたときに、 $A \geq 2 \times \lambda / NA$ の場合には、ステップ S 2 - 3 へ進み、 $A < 2 \times \lambda / NA$ の場合には、ステップ S 2 - 1 2 へ進むようにする。

【0125】

ここで、例えば、 $\lambda = 0.266 \mu\text{m}$ 、 $NA = 0.9$ のときは、 $A = 0.6 \mu\text{m}$ となる。この大きさは、可視光のスポットサイズに相当する。したがって、この大きさは、可視光を用いて欠陥検査を行うときの限界に相当する。換言すれば、この大きさ以下の欠陥については、可視光での欠陥検出では欠陥検出率が大幅に低下する。一方、このような欠陥の大きさは、紫外光を用いて欠陥検査を行うときには十分な大きさである。したがって、欠陥サイズを $2 \times \lambda / NA$ 近傍で場合分けすることは非常に好ましい。このように欠陥サイズを $2 \times \lambda / NA$ 近傍で場合分けすることは、本発明者が多くの実験に基づいて見いだした結果であり、このように場合分けを行うことで、大きいサイズの欠陥から小さいサイズの欠陥にわたって、効率良くほぼ漏れなく欠陥の検査を行うことができる。

【0126】

ステップ S 2 - 3 では、制御用コンピュータ 31 により X ステージ 14 及び Y ステージ 15 を駆動させ、欠陥位置座標ファイルが示す欠陥位置座標へ半導体ウェハを移動させ、半導体ウェハの検査対象領域が可視光用対物レンズ 36 の視野内に入るようにする。

【0 1 2 7】

次に、ステップ S 2 - 4 において、制御用コンピュータ 3 1 により可視光用オートフォーカス制御部 3 7 を駆動させ、可視光用対物レンズ 3 6 の自動焦点位置合わせを行う。

【0 1 2 8】

次に、ステップ S 2 - 5 において、可視光用 CCD カメラ 3 2 により半導体ウェハの画像を撮像し、撮像した可視画像を画像処理用コンピュータ 3 0 に送る。なお、ここで撮像される可視画像は、欠陥位置座標ファイルが示す欠陥位置座標における画像、すなわち欠陥画像である。

【0 1 2 9】

次に、ステップ S 2 - 6 において、制御用コンピュータ 3 1 により X ステージ 1 4 及び Y ステージ 1 5 を駆動させ、参照位置座標へ半導体ウェハを移動させ、半導体ウェハの参照領域が可視光用対物レンズ 3 6 の視野内に入るようにする。ここで、参照領域は、半導体ウェハの検査対象領域以外の領域であって、半導体ウェハの検査対象領域におけるデバイスパターンと同様なデバイスパターンが形成されている領域である。

【0 1 3 0】

次に、ステップ S 2 - 7 において、制御用コンピュータ 3 1 により可視光用オートフォーカス制御部 3 7 を駆動させ、可視光用対物レンズ 3 6 の自動焦点位置合わせを行う。

【0 1 3 1】

次に、ステップ S 2 - 8 において、可視光用 CCD カメラ 3 2 により半導体ウェハの画像を撮像し、撮像した可視画像を画像処理用コンピュータ 3 0 に送る。なお、ここで撮像される可視画像は、半導体ウェハの検査対象領域におけるデバイスパターンと同様なデバイスパターンが形成されている領域の画像、すなわち参照画像である。

【0 1 3 2】

次に、ステップ S 2 - 9 において、画像処理用コンピュータ 3 0 により、ステップ S 2 - 5 で取り込んだ欠陥画像と、ステップ S 2 - 8 で取り込んだ参照画像

とを比較し、欠陥画像から欠陥を検出する。そして、欠陥が検出できた場合には、ステップS 2－1 0へ進み、欠陥が検出できなかった場合には、ステップS 2－1 2へ進む。

【0 1 3 3】

ステップS 2－1 0では、画像処理用コンピュータ3 0により、検出された欠陥が何であるかを調べて分類分けを行う。そして、欠陥の分類分けができた場合には、ステップS 2－1 1へ進み、欠陥の分類分けができなかった場合には、ステップS 2－1 2へ進む。

【0 1 3 4】

ステップS 2－1 1では、欠陥の分類結果を保存する。ここで、欠陥の分類結果は、例えば、画像処理用コンピュータ3 0や制御用コンピュータ3 1に接続された記憶装置に保存する。なお、欠陥の分類結果は、画像処理用コンピュータ3 0や制御用コンピュータ3 1にネットワークを介して接続された他のコンピュータに転送して保存するようにしてもよい。

【0 1 3 5】

ステップS 2－1 1での処理が完了したら、半導体ウェハの欠陥の分類分けが完了したこととなるので、これで処理を終了する。ただし、半導体ウェハ上に複数の欠陥がある場合には、ステップS 2－2へ戻って、他の欠陥の検出及び分類分けを行うようにしてもよい。

【0 1 3 6】

一方、ステップS 2－2で欠陥が所定の大きさよりも小さいと判定された場合、ステップS 2－9で欠陥検出ができなかった場合、並びに、ステップS 2－1 0で欠陥の分類分けができなかった場合には、ステップS 2－1 2以降へ進み、紫外光を用いて高分解能での撮像を行って欠陥の検出や分類分けを行う。

【0 1 3 7】

その場合は、まず、ステップS 2－1 2において、制御用コンピュータ3 1によりXステージ1 4及びYステージ1 5を駆動させ、欠陥位置座標ファイルが示す欠陥位置座標へ半導体ウェハを移動させ、半導体ウェハの検査対象領域が紫外光用対物レンズ4 0の視野内に入るようにする。

【0 1 3 8】

次に、ステップ S 2 - 1 3 において、制御用コンピュータ 3 1 により紫外光用オートフォーカス制御部 4 1 を駆動させ、紫外光用対物レンズ 4 0 の自動焦点位置合わせを行う。

【0 1 3 9】

次に、ステップ S 2 - 1 4 において、紫外光用 CCD カメラ 3 3 により半導体ウェハの画像を撮像し、撮像した紫外画像を画像処理用コンピュータ 3 0 に送る。なお、ここで撮像される紫外画像は、欠陥位置座標ファイルが示す欠陥位置座標における画像、すなわち欠陥画像である。また、ここでの欠陥画像の撮像は、可視光よりも短波長の光である紫外光を用いて、可視光を用いた場合の撮像よりも高分解能にて行う。

【0 1 4 0】

次に、ステップ S 2 - 1 5 において、制御用コンピュータ 3 1 により X ステージ 1 4 及び Y ステージ 1 5 を駆動させ、参照位置座標へ半導体ウェハを移動させ、半導体ウェハの参照領域が紫外光用対物レンズ 4 0 の視野内に入るようにする。ここで、参照領域は、半導体ウェハの検査対象領域以外の領域であって、半導体ウェハの検査対象領域におけるデバイスパターンと同様なデバイスパターンが形成されている領域である。

【0 1 4 1】

次に、ステップ S 2 - 1 6 において、制御用コンピュータ 3 1 により紫外光用オートフォーカス制御部 4 1 を駆動させ、紫外光用対物レンズ 4 0 の自動焦点位置合わせを行う。

【0 1 4 2】

次に、ステップ S 2 - 1 7 において、紫外光用 CCD カメラ 3 3 により半導体ウェハの画像を撮像し、撮像した紫外画像を画像処理用コンピュータ 3 0 に送る。なお、ここで撮像される紫外画像は、半導体ウェハの検査対象領域におけるデバイスパターンと同様なデバイスパターンが形成されている領域の画像、すなわち参照画像である。また、ここでの参照画像の撮像は、可視光よりも短波長の光である紫外光を用いて、可視光を用いた場合よりも高分解能にて行う。

【0 1 4 3】

次に、ステップ S 2 - 1 8 において、画像処理用コンピュータ 3 0 により、ステップ S 2 - 1 4 で取り込んだ欠陥画像と、ステップ S 2 - 1 7 で取り込んだ参照画像とを比較し、欠陥画像から欠陥を検出する。そして、欠陥が検出できた場合には、ステップ S 2 - 1 9 へ進み、欠陥が検出できなかった場合には、ステップ S 2 - 2 0 へ進む。

【0 1 4 4】

ステップ S 2 - 1 9 では、画像処理用コンピュータ 3 0 により、検出された欠陥が何であるかを調べて分類分けを行う。そして、欠陥の分類分けができた場合には、ステップ S 2 - 1 1 へ進み、上述したように、欠陥の分類結果を保存する。一方、欠陥の分類分けができなかった場合には、ステップ S 2 - 2 0 へ進む。

【0 1 4 5】

ステップ S 2 - 2 0 では、欠陥の分類分けができなかったことを示す情報を保存する。ここで、欠陥の分類分けができなかったことを示す情報は、例えば、画像処理用コンピュータ 3 0 や制御用コンピュータ 3 1 に接続された記憶装置に保存する。なお、この情報は、画像処理用コンピュータ 3 0 や制御用コンピュータ 3 1 にネットワークを介して接続された他のコンピュータに転送して保存するようにしてもよい。

【0 1 4 6】

以上のように、欠陥の大きさが分かっている場合には、小さい欠陥については、可視光を用いての低分解能での検査を行わずに、最初から紫外光を用いての高分解能での検査を行うようにすることで、より効率良く検査を行うことができる。

【0 1 4 7】

つぎに、図 1 0 のフローチャートに従って半導体ウェハの検査を行うときの手順について説明する。なお、図 1 0 に示すフローチャートは、半導体ウェハ上の欠陥の位置が予め分かっている場合に、その欠陥を上記検査装置 1 により検査して分類分けを行うときの手順の一例を示している。

【 0 1 4 8 】

この場合は、先ず、ステップ S 3 - 1 に示すように、制御用コンピュータ 3 1 に欠陥位置座標ファイルを読み込む。ここで、欠陥位置座標ファイルは、半導体ウェハ上の欠陥の位置情報が記述されたファイルであり、欠陥検出装置等により、半導体ウェハ上の欠陥の位置を予め計測して作成しておく。そして、ここでは、その欠陥位置座標ファイルを制御用コンピュータ 3 1 に読み込む。

【 0 1 4 9 】

次に、ステップ S 3 - 2 において、制御用コンピュータ 3 1 により X ステージ 1 4 及び Y ステージ 1 5 を駆動させ、欠陥位置座標ファイルが示す欠陥位置座標へ半導体ウェハを移動させ、半導体ウェハの検査対象領域が紫外光用対物レンズ 4 0 の視野内に入るようにする。

【 0 1 5 0 】

次に、ステップ S 3 - 3 において、制御用コンピュータ 3 1 により紫外光用オートフォーカス制御部 4 1 を駆動させ、紫外光用対物レンズ 4 0 の自動焦点位置合わせを行う。

【 0 1 5 1 】

次に、ステップ S 3 - 4 において、紫外光用 CCD カメラ 3 3 により半導体ウェハの画像を撮像し、撮像した紫外画像を画像処理用コンピュータ 3 0 に送る。なお、ここで撮像される紫外画像は、欠陥位置座標ファイルが示す欠陥位置座標における画像、すなわち欠陥画像である。

【 0 1 5 2 】

次に、ステップ S 3 - 5 において、制御用コンピュータ 3 1 により X ステージ 1 4 及び Y ステージ 1 5 を駆動させ、参照位置座標へ半導体ウェハを移動させ、半導体ウェハの参照領域が紫外光用対物レンズ 4 0 の視野内に入るようにする。ここで、参照領域は、半導体ウェハの検査対象領域以外の領域であって、半導体ウェハの検査対象領域におけるデバイスパターンと同様なデバイスパターンが形成されている領域である。

【 0 1 5 3 】

次に、ステップ S 3 - 6 において、制御用コンピュータ 3 1 により紫外光用オ

ートフォーカス制御部 4 1 を駆動させ、紫外光用対物レンズ 4 0 の自動焦点位置合わせを行う。

【0 1 5 4】

次に、ステップ S 3 - 7 において、紫外光用 CCD カメラ 3 3 により半導体ウェハの画像を撮像し、撮像した紫外画像を画像処理用コンピュータ 3 0 に送る。なお、ここで撮像される紫外画像は、半導体ウェハの検査対象領域におけるデバイスパターンと同様なデバイスパターンが形成されている領域の画像、すなわち参照画像である。

【0 1 5 5】

次に、ステップ S 3 - 8 において、画像処理用コンピュータ 3 0 により、ステップ S 3 - 4 で取り込んだ欠陥画像と、ステップ S 3 - 7 で取り込んだ参照画像とを比較し、欠陥画像から欠陥を検出する。そして、欠陥が検出できた場合には、ステップ S 3 - 9 へ進み、欠陥が検出できなかった場合には、ステップ S 3 - 1 1 へ進む。

【0 1 5 6】

ステップ S 3 - 9 では、画像処理用コンピュータ 3 0 により、検出された欠陥が何であるかを調べて分類分けを行う。そして、欠陥の分類分けができた場合には、ステップ S 3 - 1 0 へ進み、欠陥の分類分けができなかった場合には、ステップ S 3 - 1 1 へ進む。

【0 1 5 7】

ステップ S 3 - 1 0 では、欠陥の分類結果を保存する。ここで、欠陥の分類結果は、例えば、画像処理用コンピュータ 3 0 や制御用コンピュータ 3 1 に接続された記憶装置に保存する。なお、欠陥の分類結果は、画像処理用コンピュータ 3 0 や制御用コンピュータ 3 1 にネットワークを介して接続された他のコンピュータに転送して保存するようにしてもよい。

【0 1 5 8】

ステップ S 3 - 1 0 での処理が完了したら、半導体ウェハの欠陥の分類分けが完了したこととなるので、これで処理を終了する。ただし、半導体ウェハ上に複数の欠陥がある場合には、ステップ S 3 - 2 へ戻って、他の欠陥の検出及び分類

分けを行うようにしてもよい。

【0 1 5 9】

一方、ステップ S 3 - 8 で欠陥検出ができなかった場合や、ステップ S 3 - 9 で欠陥の分類分けができなかった場合には、ステップ S 3 - 1 1 以降へ進み、可視光を用いて低分解能での撮像を行って欠陥の検出や分類分けを行う。

【0 1 6 0】

その場合は、まず、ステップ S 3 - 1 1 において、制御用コンピュータ 3 1 により X ステージ 1 4 及び Y ステージ 1 5 を駆動させ、欠陥位置座標ファイルが示す欠陥位置座標へ半導体ウェハを移動させ、半導体ウェハの検査対象領域が可視光用対物レンズ 3 6 の視野内に入るようにする。

【0 1 6 1】

次に、ステップ S 3 - 1 2 において、制御用コンピュータ 3 1 により可視光用オートフォーカス制御部 3 7 を駆動させ、可視光用対物レンズ 3 6 の自動焦点位置合わせを行う。

【0 1 6 2】

次に、ステップ S 3 - 1 3 において、可視光用 CCD カメラ 3 2 により半導体ウェハの画像を撮像し、撮像した可視画像を画像処理用コンピュータ 3 0 に送る。なお、ここで撮像される可視画像は、欠陥位置座標ファイルが示す欠陥位置座標における画像、すなわち欠陥画像である。また、ここでの欠陥画像の撮像は、紫外光よりも長波長の光である可視光を用いて、紫外光を用いた場合の撮像よりも低分解能にて行う。

【0 1 6 3】

次に、ステップ S 3 - 1 4 において、制御用コンピュータ 3 1 により X ステージ 1 4 及び Y ステージ 1 5 を駆動させ、参照位置座標へ半導体ウェハを移動させ、半導体ウェハの参照領域が可視光用対物レンズ 3 6 の視野内に入るようにする。ここで、参照領域は、半導体ウェハの検査対象領域以外の領域であって、半導体ウェハの検査対象領域におけるデバイスパターンと同様なデバイスパターンが形成されている領域である。

【0164】

次に、ステップS3-15において、制御用コンピュータ31により可視光用オートフォーカス制御部37を駆動させ、可視光用対物レンズ36の自動焦点位置合わせを行う。

【0165】

次に、ステップS3-16において、可視光用CCDカメラ32により半導体ウェハの画像を撮像し、撮像した可視画像を画像処理用コンピュータ30に送る。なお、ここで撮像される可視画像は、半導体ウェハの検査対象領域におけるデバイスパターンと同様なデバイスパターンが形成されている領域の画像、すなわち参照画像である。また、ここでの参照画像の撮像は、紫外光よりも長波長の光である可視光を用いて、紫外光を用いた場合よりも低分解能にて行う。

【0166】

次に、ステップS3-17において、画像処理用コンピュータ30により、ステップS3-13で取り込んだ欠陥画像と、ステップS3-16で取り込んだ参照画像とを比較し、欠陥画像から欠陥を検出する。そして、欠陥が検出できた場合には、ステップS3-18へ進み、欠陥が検出できなかった場合には、ステップS3-19へ進む。

【0167】

ステップS3-18では、画像処理用コンピュータ30により、検出された欠陥が何であるかを調べて分類分けを行う。そして、欠陥の分類分けができた場合には、ステップS3-10へ進み、上述したように、欠陥の分類結果を保存する。一方、欠陥の分類分けができなかった場合には、ステップS3-19へ進む。

【0168】

ステップS3-19では、欠陥の分類分けができなかったことを示す情報を保存する。ここで、欠陥の分類分けができなかったことを示す情報は、例えば、画像処理用コンピュータ30や制御用コンピュータ31に接続された記憶装置に保存する。なお、この情報は、画像処理用コンピュータ30や制御用コンピュータ31にネットワークを介して接続された他のコンピュータに転送して保存するようにしてもよい。

【0169】

以上のような手順により、先ず、紫外光用CCDカメラ33により撮像された画像を処理して解析することで高分解能にて半導体ウェハの検査を行い、紫外光での欠陥の検出や分類分けができなかった場合に、次に、可視光用CCDカメラ32により撮像された画像を処理して解析することで低分解能にて半導体ウェハの検査を行う。このようにすることで、可視光だけを用いて欠陥の検出や分類分けを行う場合に比べて、より微細な欠陥の検出や分類分けを行うことができる。

【0170】

つぎに、図11のフローチャートに従って半導体ウェハの検査を行うときの手順について説明する。なお、図11に示すフローチャートは、半導体ウェハ上の欠陥の位置及び大きさが予め分かっている場合に、その欠陥を上記検査装置1により検査して分類分けを行うときの手順の一例を示している。

【0171】

この場合は、先ず、ステップS4-1に示すように、制御用コンピュータ31に欠陥位置座標ファイルを読み込む。ここで、欠陥位置座標ファイルは、半導体ウェハ上の欠陥の位置に関する情報が記述されたファイルであり、欠陥検出装置等により、半導体ウェハ上の欠陥の位置を予め計測して作成しておく。そして、ここでは、その欠陥位置座標ファイルを制御用コンピュータ31に読み込む。

【0172】

次に、ステップS4-2において、制御用コンピュータ31によりXステージ14及びYステージ15を駆動させ、欠陥位置座標ファイルが示す欠陥位置座標へ半導体ウェハを移動させ、半導体ウェハの検査対象領域が紫外光用対物レンズ40の視野内に入るようにする。

【0173】

次に、ステップS4-3において、制御用コンピュータ31により紫外光用オートフォーカス制御部41を駆動させ、紫外光用対物レンズ40の自動焦点位置合わせを行う。

【0174】

次に、ステップS4-4において、紫外光用CCDカメラ33により半導体ウ

エハの画像を撮像し、撮像した紫外画像を画像処理用コンピュータ 30 に送る。
なお、ここで撮像される紫外画像は、欠陥位置座標ファイルが示す欠陥位置座標
における画像、すなわち欠陥画像である。

【0 1 7 5】

次に、ステップ S 4 - 5 において、制御用コンピュータ 31 により X ステージ
1 4 及び Y ステージ 1 5 を駆動させ、参照位置座標へ半導体ウェハを移動させ、
半導体ウェハの参照領域が紫外光用対物レンズ 40 の視野内に入るようにする。
ここで、参照領域は、半導体ウェハの検査対象領域以外の領域であって、半導体
ウェハの検査対象領域におけるデバイスパターンと同様なデバイスパターンが形
成されている領域である。

【0 1 7 6】

次に、ステップ S 4 - 6 において、制御用コンピュータ 31 により紫外光用オ
ートフォーカス制御部 41 を駆動させ、紫外光用対物レンズ 40 の自動焦点位置
合わせを行う。

【0 1 7 7】

次に、ステップ S 4 - 7 において、紫外光用 CCD カメラ 33 により半導体ウ
ェハの画像を撮像し、撮像した紫外画像を画像処理用コンピュータ 30 に送る。
なお、ここで撮像される紫外画像は、半導体ウェハの検査対象領域におけるデバ
イスパターンと同様なデバイスパターンが形成されている領域の画像、すなわち
参照画像である。

【0 1 7 8】

次に、ステップ S 4 - 8 において、画像処理用コンピュータ 30 により、ステ
ップ S 4 - 4 で取り込んだ欠陥画像と、ステップ S 4 - 7 で取り込んだ参照画像
とを比較し、欠陥画像から欠陥を検出する。そして、欠陥が検出できた場合には
、ステップ S 4 - 9 へ進み、欠陥が検出できなかった場合には、ステップ S 4 -
1 2 へ進む。

【0 1 7 9】

ステップ S 4 - 9 では、ステップ S 4 - 8 で検出した欠陥の大きさを判別し、
当該欠陥が所定の大きさよりも大きい場合には、ステップ S 4 - 1 2 へ進み、所

定の大きさよりも小さい場合には、ステップ S 4 - 1 0 へ進む。

【0 1 8 0】

なお、欠陥の大きさの判別は、例えば、紫外光を用いて撮像するときの分解能を基準として行う。具体的には例えば、検査対象の欠陥の直径を A とし、紫外光レーザ光源 3 8 から出射される紫外光の波長を λ とし、紫外光用対物レンズ 4 0 の開口数を NA としたときに、 $A \geq 2 \times \lambda / NA$ の場合には、ステップ S 4 - 1 2 へ進み、 $A < 2 \times \lambda / NA$ の場合には、ステップ S 4 - 1 0 へ進むようにする。

【0 1 8 1】

ここで、例えば、 $\lambda = 0.266 \mu m$ 、 $NA = 0.9$ のときは、 $A = 0.6 \mu m$ となる。この大きさは、可視光のスポットサイズに相当する。したがって、この大きさは、可視光を用いて欠陥検査を行うときの限界に相当する。換言すれば、この大きさ以下の欠陥については、可視光での欠陥検出では欠陥検出率が大幅に低下する。一方、このような欠陥の大きさは、紫外光を用いて欠陥検査を行うときには十分な大きさである。したがって、欠陥サイズを $2 \times \lambda / NA$ 近傍で場合分けすることは非常に好ましい。このように欠陥サイズを $2 \times \lambda / NA$ 近傍で場合分けすることは、本発明者が多くの実験に基づいて見いだした結果であり、このように場合分けを行うことで、大きいサイズの欠陥から小さいサイズの欠陥にわたって、効率良くほぼ漏れなく欠陥の検査を行うことができる。

【0 1 8 2】

ステップ S 4 - 1 0 では、画像処理用コンピュータ 3 0 により、検出された欠陥が何であるかを調べて分類分けを行う。そして、欠陥の分類分けができた場合には、ステップ S 4 - 1 1 へ進み、欠陥の分類分けができなかった場合には、ステップ S 4 - 1 2 へ進む。

【0 1 8 3】

ステップ S 4 - 1 1 では、欠陥の分類結果を保存する。ここで、欠陥の分類結果は、例えば、画像処理用コンピュータ 3 0 や制御用コンピュータ 3 1 に接続された記憶装置に保存する。なお、欠陥の分類結果は、画像処理用コンピュータ 3 0 や制御用コンピュータ 3 1 にネットワークを介して接続された他のコンピュー

タに転送して保存するようにしてもよい。

【0184】

ステップS4-11での処理が完了したら、半導体ウェハの欠陥の分類分けが完了したこととなるので、これで処理を終了する。ただし、半導体ウェハ上に複数の欠陥がある場合には、ステップS4-2へ戻って、他の欠陥の検出及び分類分けを行うようにしてもよい。

【0185】

一方、ステップS4-8で欠陥検出ができなかった場合、ステップS4-9で欠陥が所定の大きさよりも大きいと判定された場合、並びに、ステップS4-10で欠陥の分類分けができなかった場合には、ステップS4-12以降へ進み、可視光を用いて低分解能での撮像を行って欠陥の検出や分類分けを行う。

【0186】

その場合は、まず、ステップS4-12において、制御用コンピュータ31によりXステージ14及びYステージ15を駆動させ、欠陥位置座標ファイルが示す欠陥位置座標へ半導体ウェハを移動させ、半導体ウェハの検査対象領域が可視光用対物レンズ36の視野内に入るようにする。

【0187】

次に、ステップS4-13において、制御用コンピュータ31により可視光用オートフォーカス制御部37を駆動させ、可視光用対物レンズ36の自動焦点位置合わせを行う。

【0188】

次に、ステップS4-14において、可視光用CCDカメラ32により半導体ウェハの画像を撮像し、撮像した可視画像を画像処理用コンピュータ30に送る。なお、ここで撮像される可視画像は、欠陥位置座標ファイルが示す欠陥位置座標における画像、すなわち欠陥画像である。また、ここでの欠陥画像の撮像は、紫外光よりも長波長の光である可視光を用いて、紫外光を用いた場合の撮像よりも低分解能にて行う。

【0189】

次に、ステップS4-15において、制御用コンピュータ31によりXステー

ジ 1 4 及び Y ステージ 1 5 を駆動させ、参照位置座標へ半導体ウェハを移動させ、半導体ウェハの参照領域が可視光用対物レンズ 3 6 の視野内に入るようにする。ここで、参照領域は、半導体ウェハの検査対象領域以外の領域であって、半導体ウェハの検査対象領域におけるデバイスパターンと同様なデバイスパターンが形成されている領域である。

【 0 1 9 0 】

次に、ステップ S 4 - 1 6 において、制御用コンピュータ 3 1 により可視光用オートフォーカス制御部 3 7 を駆動させ、可視光用対物レンズ 3 6 の自動焦点位置合わせを行う。

【 0 1 9 1 】

次に、ステップ S 4 - 1 7 において、可視光用 CCD カメラ 3 2 により半導体ウェハの画像を撮像し、撮像した可視画像を画像処理用コンピュータ 3 0 に送る。なお、ここで撮像される可視画像は、半導体ウェハの検査対象領域におけるデバイスパターンと同様なデバイスパターンが形成されている領域の画像、すなわち参照画像である。また、ここでの参照画像の撮像は、紫外光よりも長波長の光である可視光を用いて、紫外光を用いた場合よりも低分解能にて行う。

【 0 1 9 2 】

次に、ステップ S 4 - 1 8 において、画像処理用コンピュータ 3 0 により、ステップ S 4 - 1 4 で取り込んだ欠陥画像と、ステップ S 4 - 1 7 で取り込んだ参照画像とを比較し、欠陥画像から欠陥を検出する。そして、欠陥が検出できた場合には、ステップ S 4 - 1 9 へ進み、欠陥が検出できなかった場合には、ステップ S 4 - 2 0 へ進む。

【 0 1 9 3 】

ステップ S 4 - 1 9 では、画像処理用コンピュータ 3 0 により、検出された欠陥が何であるかを調べて分類分けを行う。そして、欠陥の分類分けができた場合には、ステップ S 4 - 1 1 へ進み、上述したように、欠陥の分類結果を保存する。一方、欠陥の分類分けができなかった場合には、ステップ S 4 - 2 0 へ進む。

【 0 1 9 4 】

ステップ S 4 - 2 0 では、欠陥の分類分けができなかったことを示す情報を保

存する。ここで、欠陥の分類分けができなかったことを示す情報は、例えば、画像処理用コンピュータ 3 0 や制御用コンピュータ 3 1 に接続された記憶装置に保存する。なお、この情報は、画像処理用コンピュータ 3 0 や制御用コンピュータ 3 1 にネットワークを介して接続された他のコンピュータに転送して保存するようにしてもよい。

【0 1 9 5】

以上のような手順により、先ず、紫外光用 CCD カメラ 3 3 により撮像された画像を処理して解析することで高分解能にて半導体ウェハの検査を行い、紫外光での欠陥の検出や分類分けができなかった場合や、検出された欠陥が所定の大きさよりも大きい場合に、次に、可視光用 CCD カメラ 3 2 により撮像された画像を処理して解析することで低分解能にて半導体ウェハの検査を行う。このようにすることで、可視光だけを用いて欠陥の検出や分類分けを行う場合に比べて、より微細な欠陥の検出や分類分けを行うことができる。更に、紫外線を用いて検出された欠陥が大きい場合には、改めて欠陥の検出や分類分けを可視光を用いて行うようにしているので、比較的に大きい欠陥についても、分類分けを精度良く行うことができる。

【0 1 9 6】

ところで、上記検査装置 1 では、CCD カメラ 3 2, 3 3 によって撮像された参照画像及び欠陥画像から欠陥を検出するようにしている。このように参照画像及び欠陥画像から欠陥を検出する手法について、図 1 2 を参照して説明する。

【0 1 9 7】

図 1 2 (a) は、検査対象領域におけるデバイスパターンと同様なデバイスパターンが形成されている参照領域の画像、すなわち参照画像の一例を示している。また、図 1 2 (b) は、欠陥があるとされる検査対象領域の画像、すなわち欠陥画像の一例を示している。

【0 1 9 8】

このような参照画像及び欠陥画像から欠陥を検出する際は、参照画像から色情報や濃淡情報などに基づいて、図 1 2 (c) に示すようにデバイスパターンを抽出する。また、参照画像と欠陥画像から差の画像を求め、差の大きな部分を図 1

2 (d) に示すように欠陥として抽出する。

【0199】

そして、図 1 2 (f) に示すように、図 1 2 (c) に示したデバイスパターン抽出結果の画像と、図 1 2 (d) に示した欠陥抽出結果の画像とを重ね合わせた画像を得て、欠陥がデバイスパターンに存在する割合などを、欠陥に関する特徴量として抽出する。

【0200】

上記検査装置 1 では、以上のような手法により、CCD カメラ 3 2, 3 3 によって撮像された参照画像及び欠陥画像を画像処理用コンピュータ 3 0 で処理し解析することで欠陥を検出し、半導体ウェハの検査を行う。

【0201】

なお、以上の説明では、本発明を適用した検査装置 1 を、半導体ウェハの欠陥が何であるかを調べるために用いるものとしてきた。しかし、本発明に係る検査装置 1 の用途は、半導体ウェハの欠陥識別以外の用途にも使用可能である。すなわち、本発明に係る検査装置 1 は、例えば、半導体ウェハ上に形成したデバイスパターンが、所望するパターン通りに適切な形状に形成されているか否かを検査するのに用いることもできる。更に、本発明に係る検査装置 1 の用途は、半導体ウェハの検査に限定されるものでもなく、本発明に係る検査装置 1 は、微細パターンの検査に対して広く適用可能であり、例えば、微細なパターンが形成されたフラットパネルディスプレイの検査などにも有効である。

【0202】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明に係る検査装置では、非常に短波長の光である紫外光により被検査物の画像を撮像して検査するので、可視光を用いて検査を行うような場合に比べて、より微細なデバイスパターンの検査を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明を適用した検査装置の外観を示す図である。

【図 2】

図 1 に示した検査装置のクリーンユニットの内部構造を示す図であり、クリーンユニットの内部を図 1 の矢印 A 1 方向から見た正面図である。

【図 3】

図 1 に示した検査装置のクリーンユニットの内部構造を示す図であり、クリーンユニットの内部を図 1 の矢印 A 2 方向から見た平面図である。

【図 4】

図 1 に示した検査装置の構成を示すブロック図である。

【図 5】

図 1 に示した検査装置の光学ユニットの光学系の一構成例を示す図である。

【図 6】

図 1 に示した検査装置の光学ユニットの光学系の他の構成例を示す図である。

【図 7】

図 1 に示した検査装置で用いられる紫外光レーザ光源の一構成例を示す図である。

【図 8】

本発明を適用した検査装置で半導体ウェハの検査を行うときの手順の一例を示すフローチャートである。

【図 9】

本発明を適用した検査装置で半導体ウェハの検査を行うときの手順の他の例を示すフローチャートである。

【図 10】

本発明を適用した検査装置で半導体ウェハの検査を行うときの手順の他の例を示すフローチャートである。

【図 11】

本発明を適用した検査装置で半導体ウェハの検査を行うときの手順の他の例を示すフローチャートである。

【図 12】

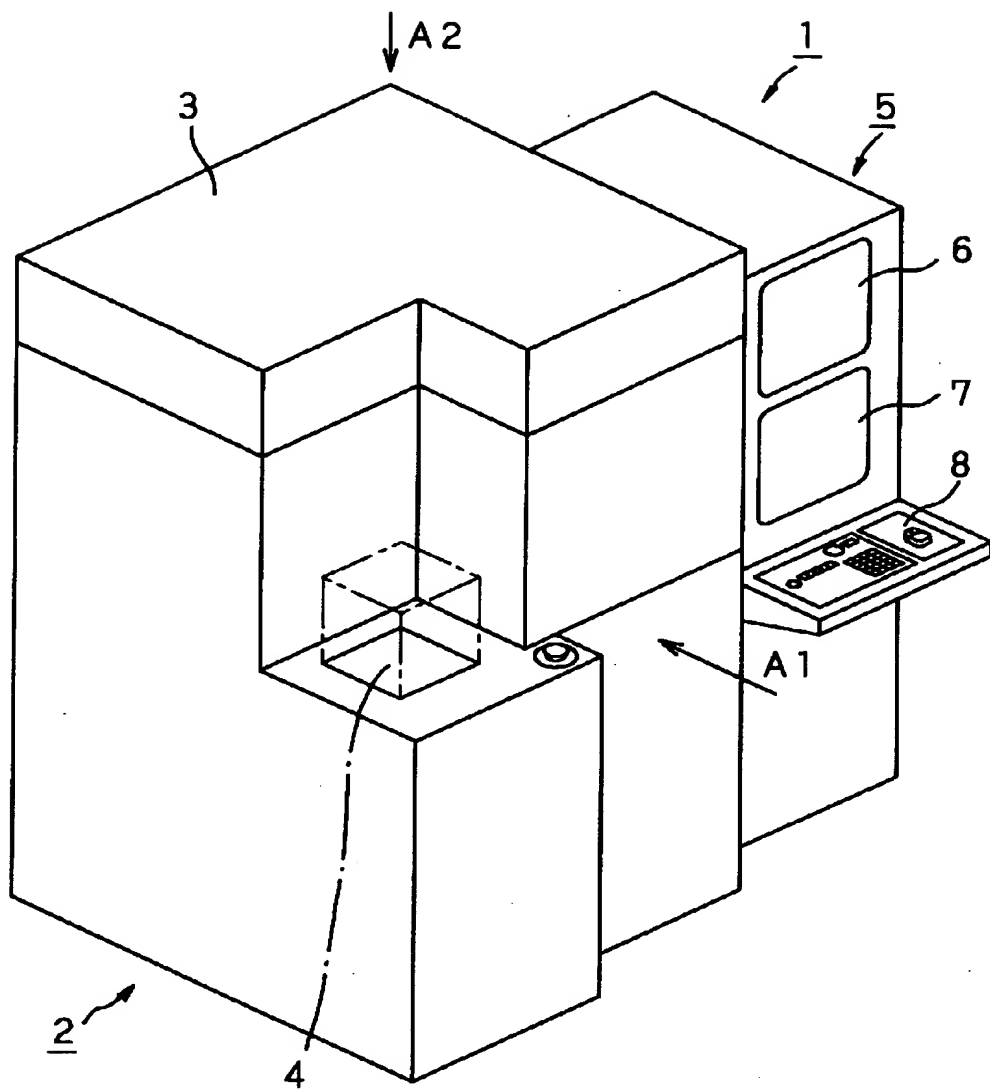
参照画像と欠陥画像とから欠陥を検出の手法を説明するための図である。

【符号の説明】

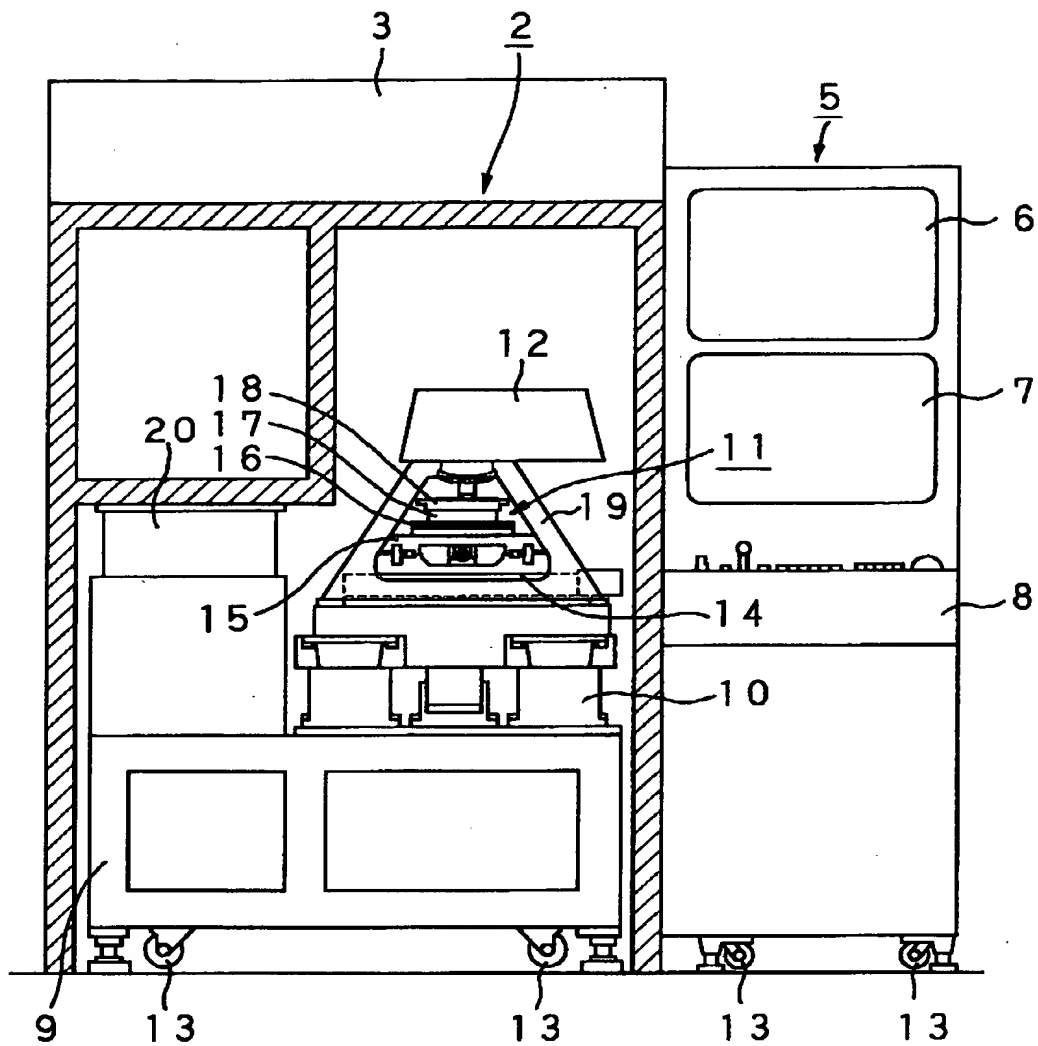
1 検査装置、 2 クリーンユニット、 3 クリーンエアーユニット、
4 密閉式の容器、 5 外部ユニット、 6, 7 表示装置、 8 入力装置
、 9 支持台、 10 除振台、 11 検査用ステージ、 12 光学ユニ
ット、 13 タイヤ、 14 Xステージ、 15 Yステージ、 16 θ
ステージ、 17 Zステージ、 18 吸着プレート、 19 支持部材、
20 エレベータ、 21 搬送用ロボット、 22 アライナ、 30 画像
処理用コンピュータ、 31 制御用コンピュータ、 32 可視光用CCDカ
メラ、 33 紫外光用CCDカメラ、 34 ハロゲンランプ、 35 可視
光用光学系、 36 可視光用対物レンズ、 37 可視光用オートフォーカス
制御部、 38 紫外光レーザ光源、 39 紫外光用光学系、 40 紫外光
用対物レンズ、 41 紫外光用オートフォーカス制御部

【書類名】 図面

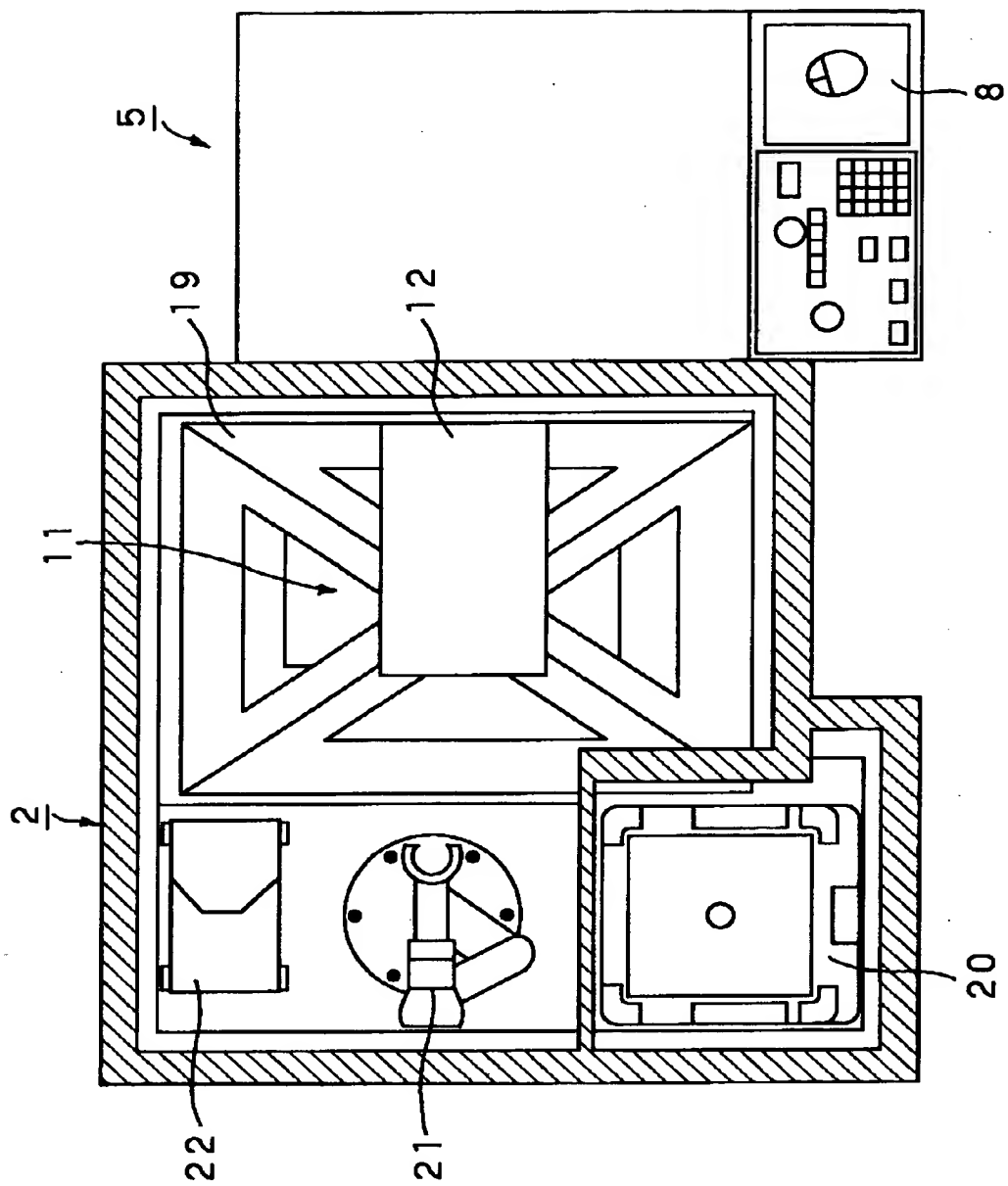
【図 1】



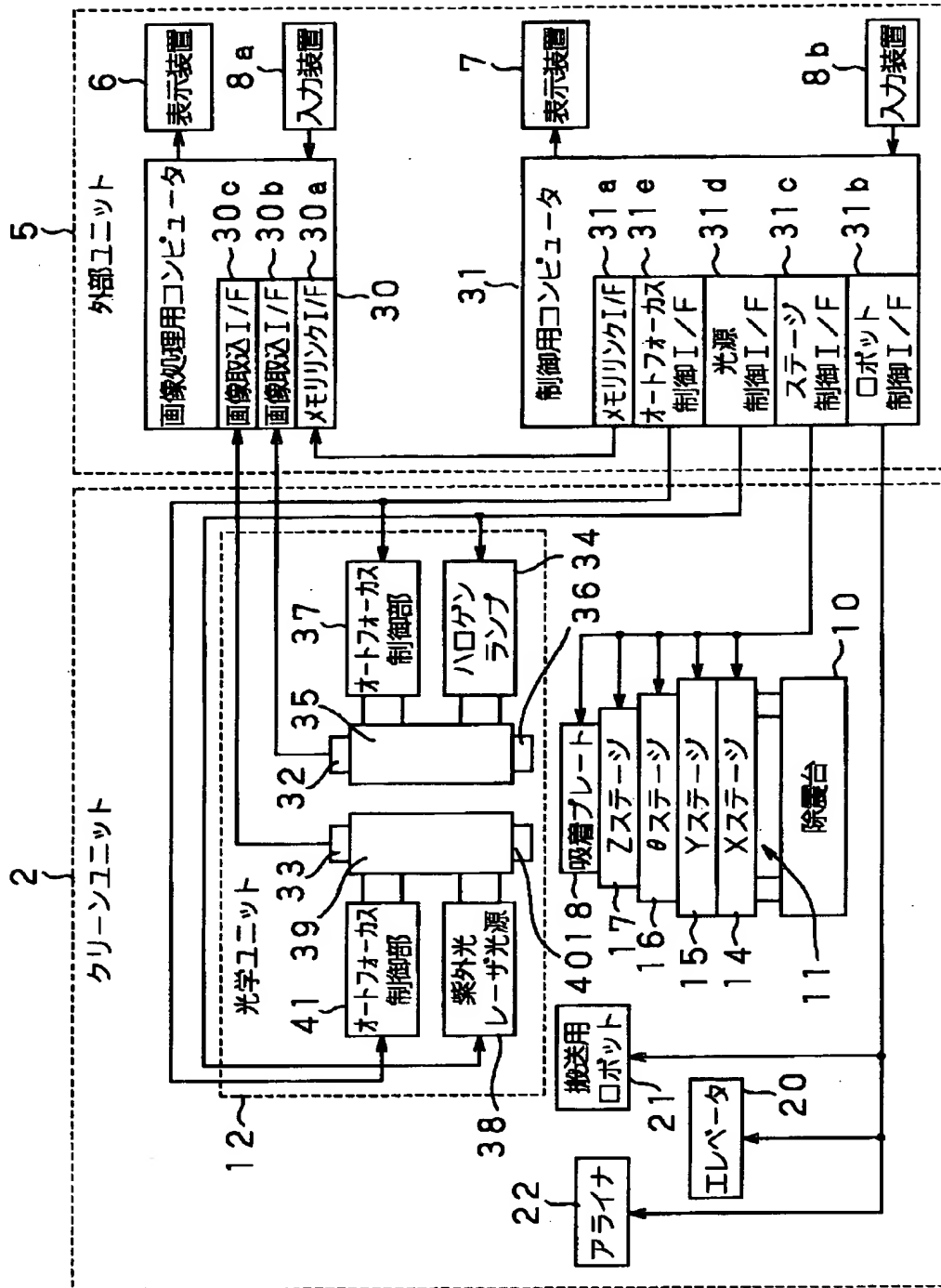
【図 2】



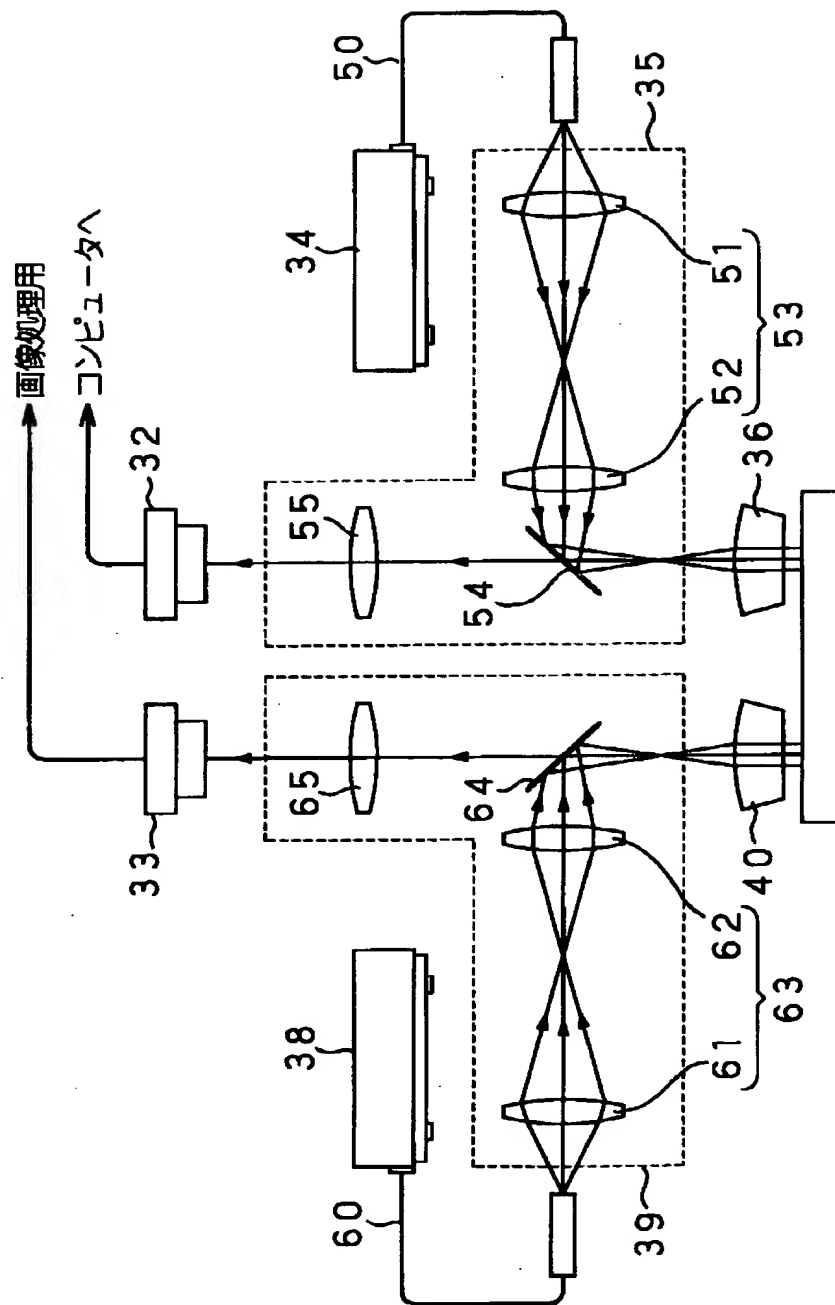
【図 3】



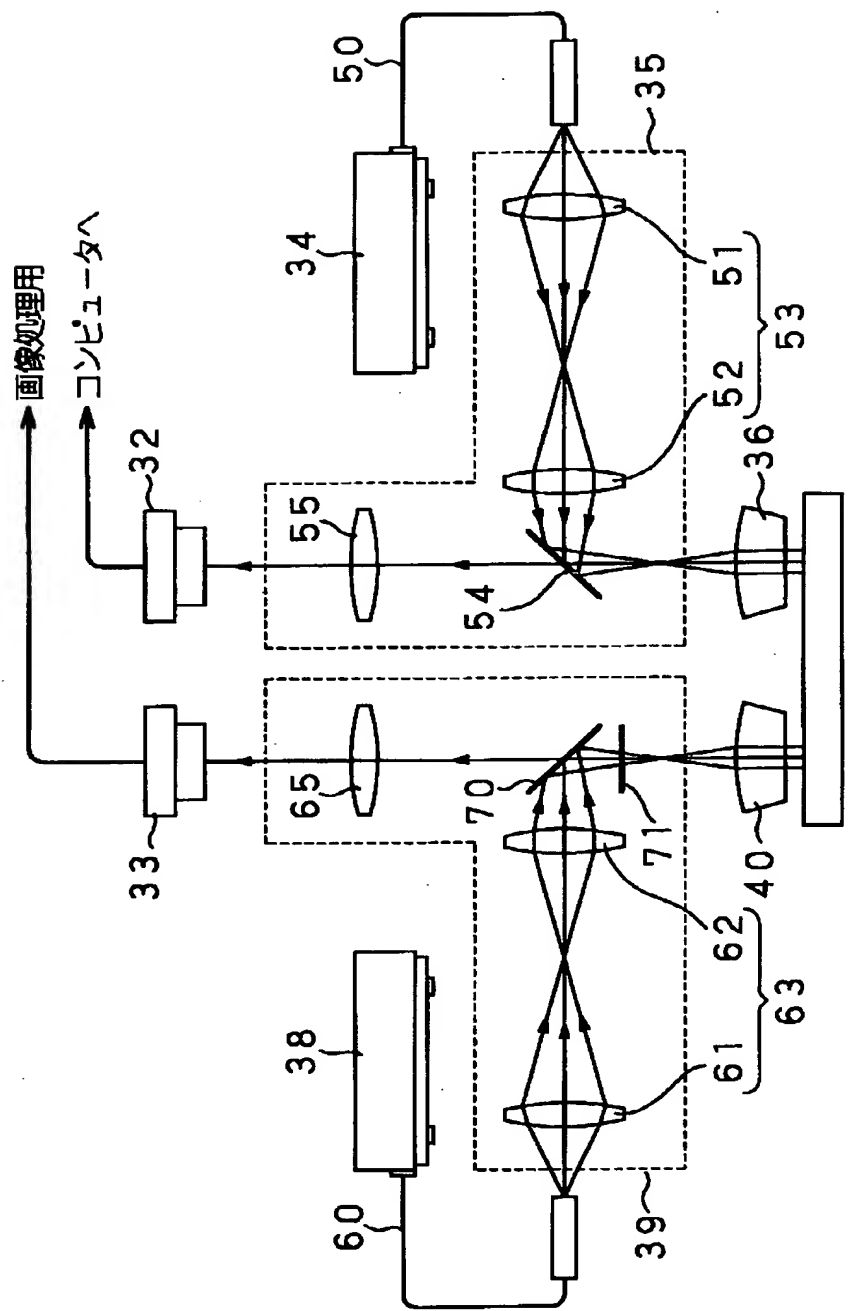
【図 4】



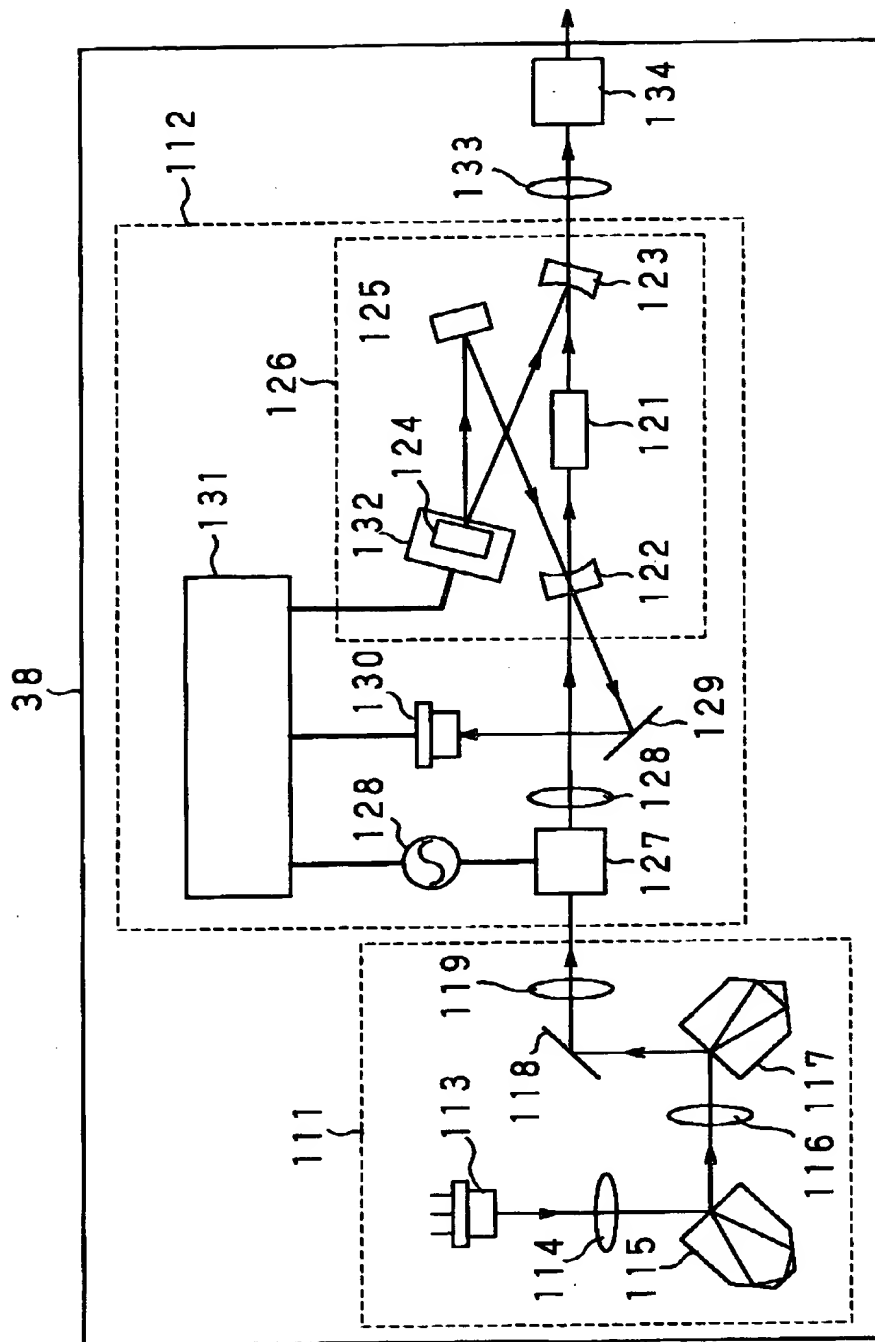
【図 5】



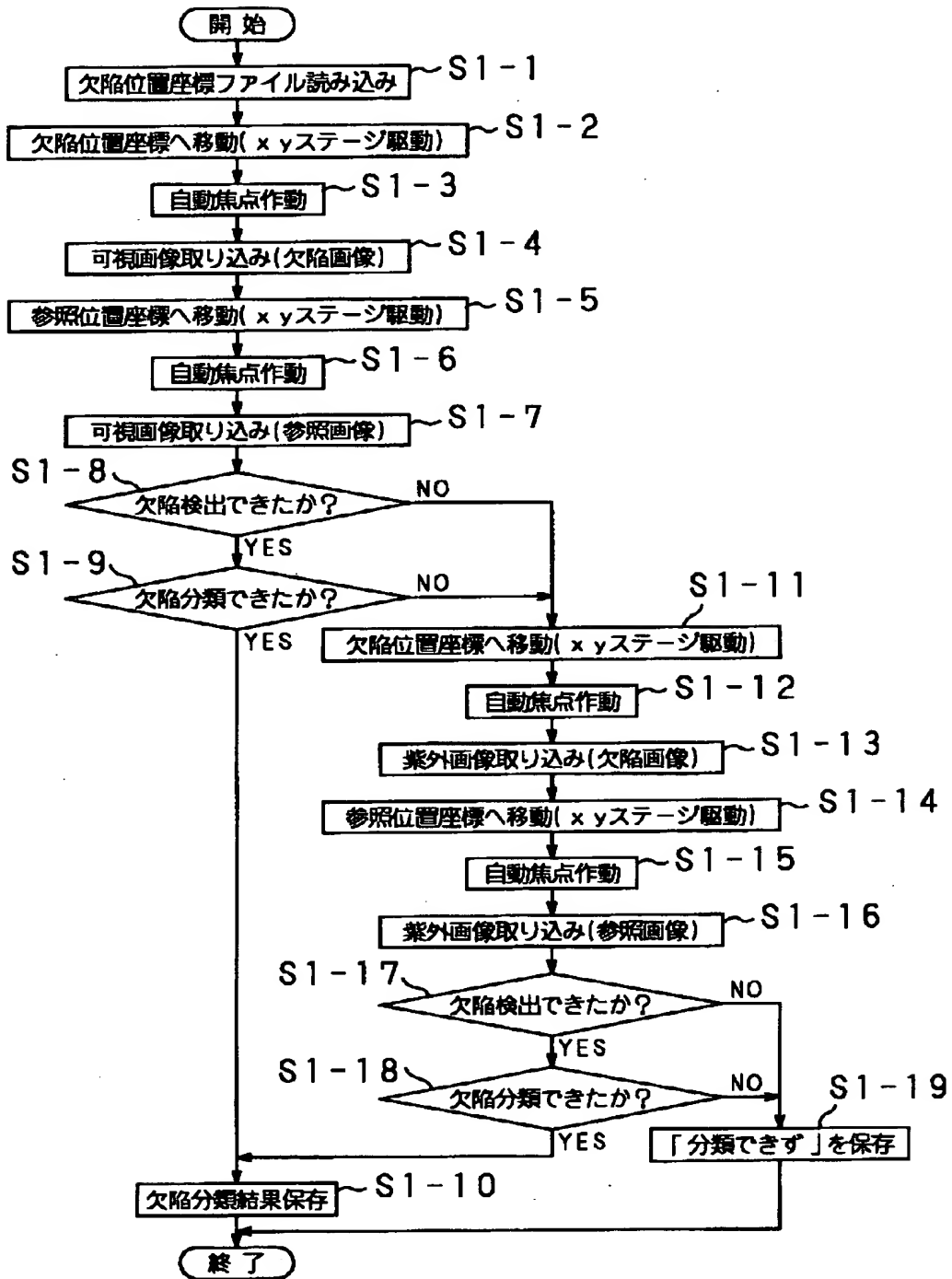
【図 6】



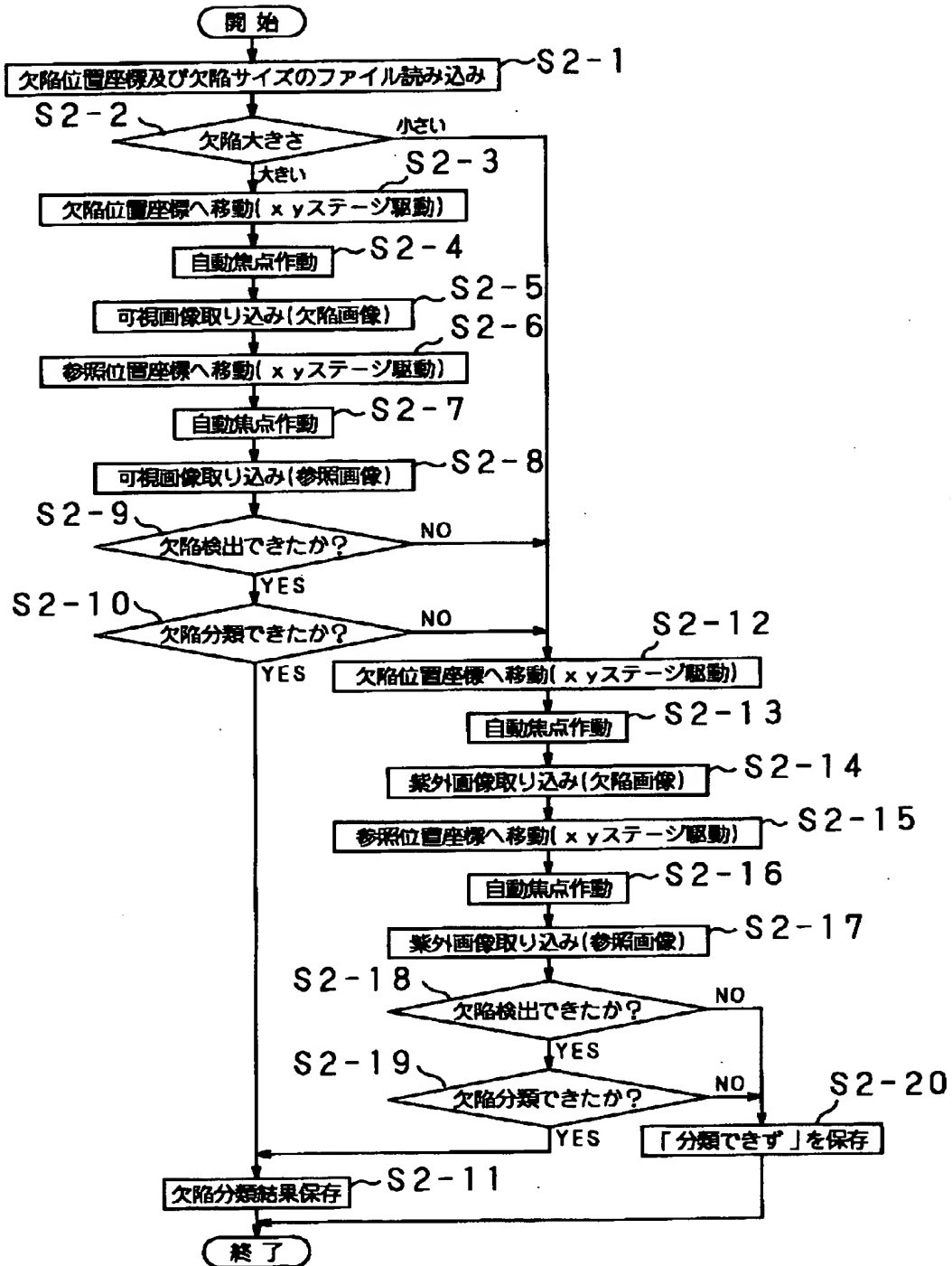
【図 7】



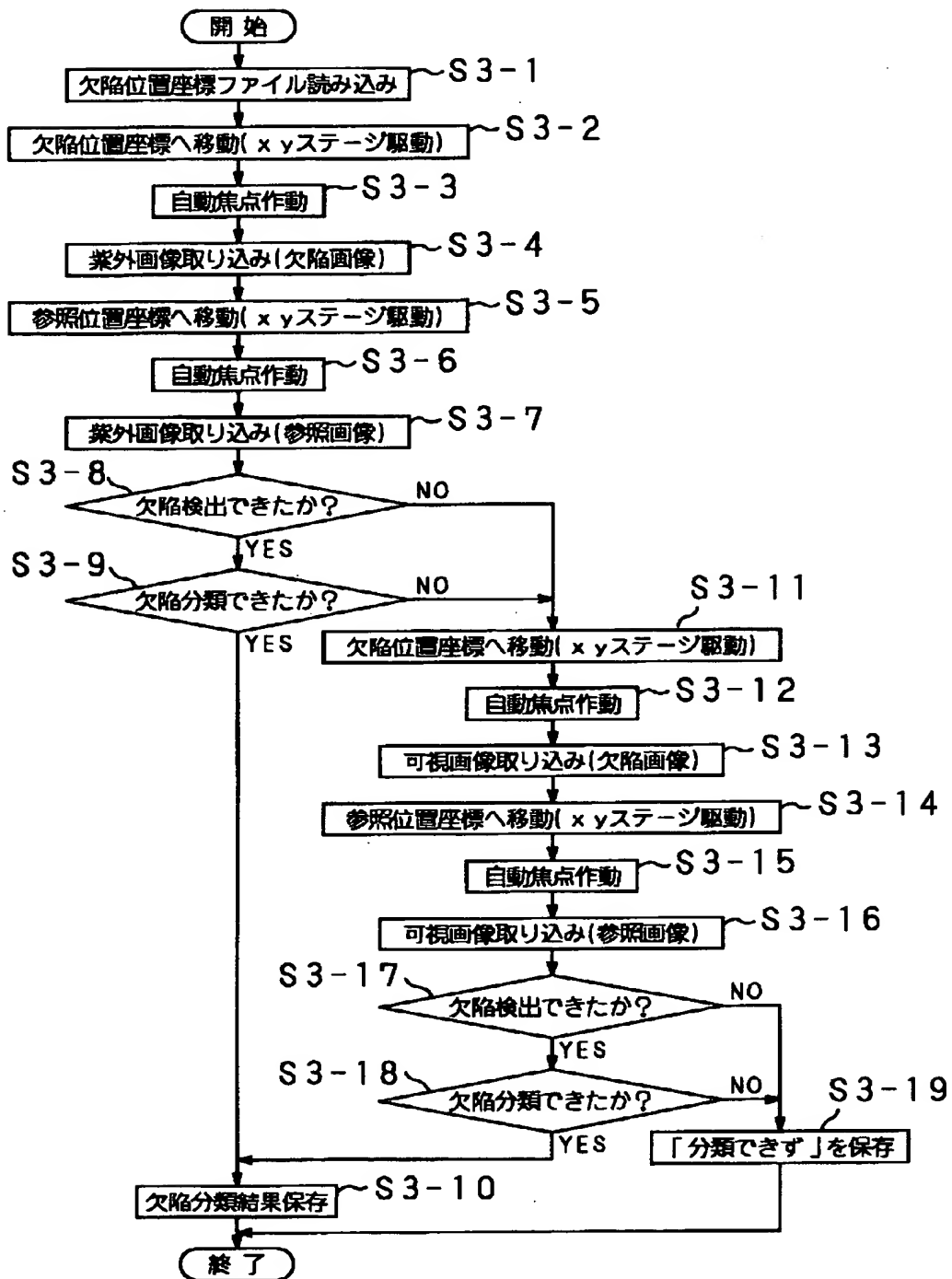
【図8】



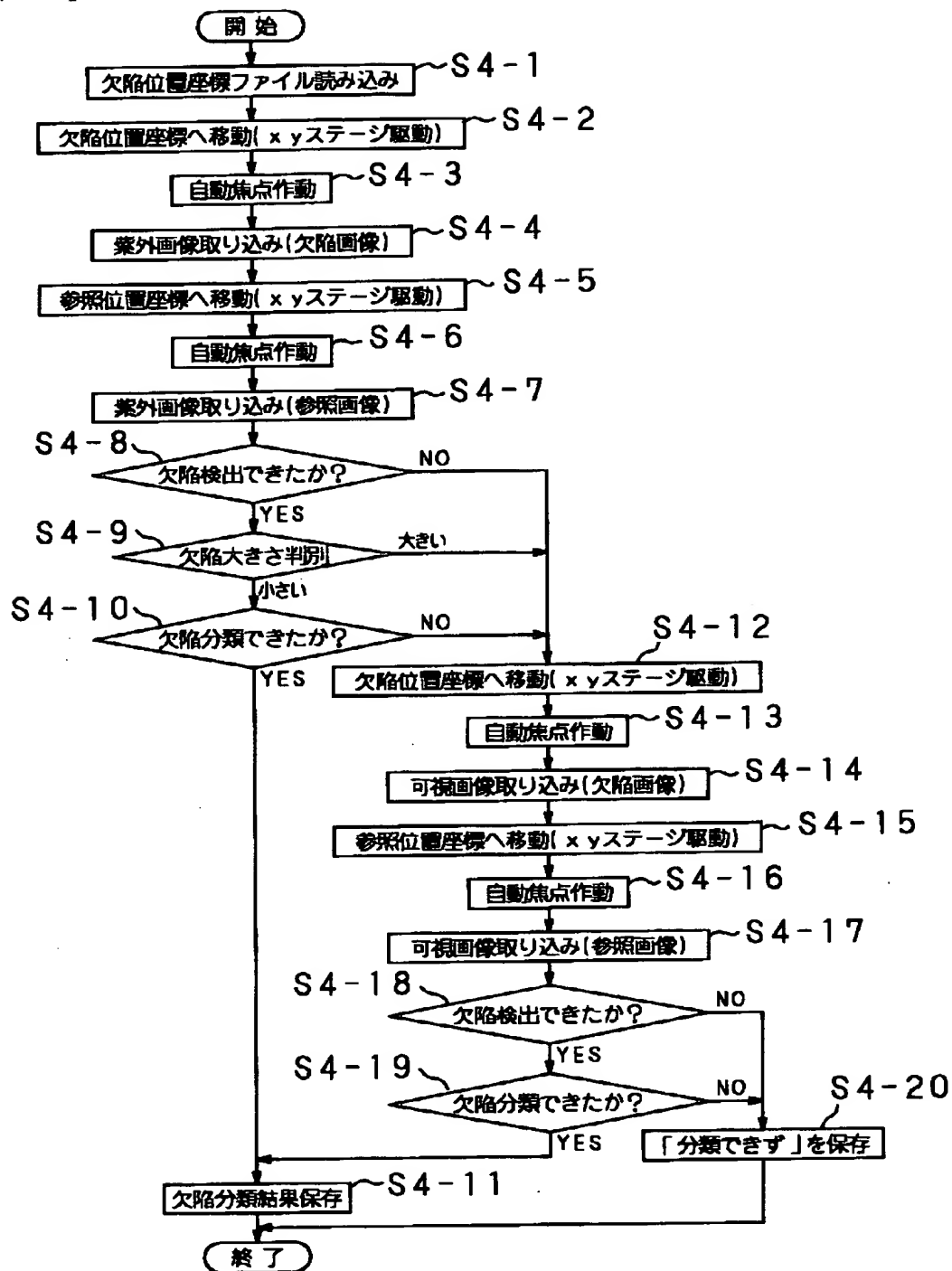
【図 9】



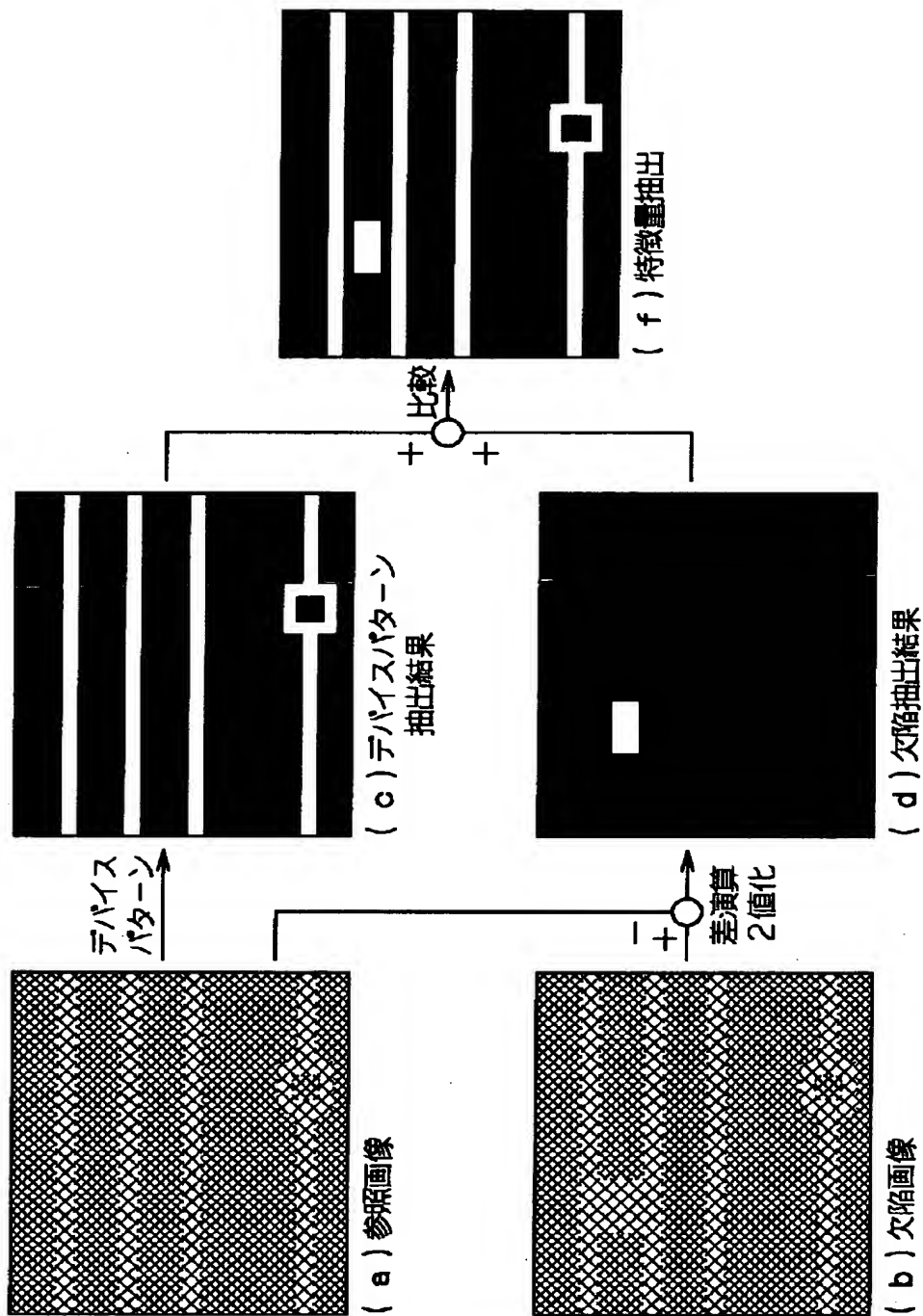
【図 1 0】



【図 1 1】



【図 1 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体ウェハ等の検査装置として、より微細なデバイスパターンの検査を行うことが可能な検査装置を提供する。

【解決手段】 検査装置に、被検査物を支持するとともに当該被検査物を所定の検査対象位置へと移動させる被検査物支持手段と、被検査物支持手段によって支持された被検査物を紫外光により照明する紫外光照明手段と、紫外光照明手段により照明された被検査物からの反射光又は透過光を検出して被検査物の画像を撮像する紫外光撮像手段と、紫外光撮像手段により撮像された画像を処理する画像処理手段とを設ける。そして、紫外光撮像手段により撮像された画像を、画像処理手段により処理し解析することで、被検査物を検査する。

【選択図】 図 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名 ソニー株式会社